

the calculated hydrological characteristics. In determining the maximum runoff of rainwater, it is proposed to use simplified reduction structures and the maximum intensity formula. However, the calculation of the maximum runoff of the rivers of the Mountainous Crimea by this the structures is not provided with the necessary initial data. The results of calculations based on regional methods, which are proposed in the "Surface Water Resources", P.F. Vishnevsky and A.L. Skorik showed that they need to refine the parameters on modern data. Thus, based on the analysis of the current state in the field of normalizing the characteristics of the maximum runoff of rain floods on the rivers of the Crimean Mountains, a modified reduction structure based on the isochron channel model is adopted as the base.

In order to justify the calculated parameters, a standard statistical treatment of the initial information on the maximum runoff of the floods of the rivers in the area under review was carried out. As a result, the average long-term values of the maximum water discharges and flood runoff layers were obtained, as well as the corresponding coefficients of variation and asymmetry. The maximum water discharges and runoff layers of the rare probability of excess ($P = 1, 3, 5$ and 10%) are determined.

In order to generalize the design characteristics on the territory, their factorial conditionality was investigated. It is established that the main factors that influence the distribution of slope runoff characteristics - its duration and layer - are the average height of the catchments and karst.

The proposed calculation allows to take into account the influence of the underlying surface, through the corresponding coefficient, and the maximum modules of slope influx is determined taking into account the average height of the catchments. The average accuracy of the calculation is $\pm 21.3\%$, with the accuracy of the initial information $\pm 21.6\%$, which allows us to recommend a technique developed for the rivers of the Crimean Mountains for practical use.

Keywords: maximum runoff; rain floods; karst.

Надійшла до редколегії 24.10.2017

УДК 556.048

Чорноморець Ю.О., Павленко П.О., Лук'янець О.І.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ВІДНОВЛЕННЯ СЕРЕДЬОГО РІЧНОГО СТОКУ ВОДИ РІЧКИ ДНІПРО

Ключові слова: стік води, річка Дніпро, відновлення характеристик річного водного стоку, однорідність рядів, статистичні параметри

Стан проблеми. Основною характеристикою водних ресурсів річок є середня багаторічна витрата води або норма стоку, значення якої визначається за даними систематичних спостережень на гідрометричних станціях і постах.

Спостереження за витратами та рівнями води на р. Дніпро характеризуються значною кількістю перерв, обумовлених, з одного боку, проходженням військових дій на території нашої держави у першій половині минулого сторіччя, а з іншого – будівництвом каскаду гідровузлів та реорганізацією мережі спостережень, проведеною близько 30 років тому. Відповідно, існуючі ряди мають різну повноту і тривалість спостережень. Подовження рядів середньорічного стоку води виконано задля уточнення їх основних гідрологічних характеристик та можливого наступного виділення періодичностей різних структурних рівнів у багаторічних коливаннях водності Дніпра.

Метою роботи є відновлення середніх річних витрат води р. Дніпро за умов практично непорушеного середнього річного стоку (р. Дніпро-Неданчичі) та умовного природного стоку (р. Дніпро-Київ та р. Дніпро-Лоцманська Кам'янка), а також статистична оцінка середнього річного стоку води р. Дніпро в межах України.

Вихідні передумови. Найбільшою водною артерією України є р. Дніпро. З Дніпром та його басейном пов'язане формування української нації та розвиток історії України. Загальна довжина Дніпра становить 2201 км, у межах України - 982 км. Вододіл Дніпра проходить на сході по піднесених точках Донецького кряжа,

Середньоруської височини і її відрогів. На півночі вододілом є Литовсько-Білоруська височина. На заході він виражений слабо. На півдні і південному сході басейн Дніпра відділяється від басейнів причорноморських і приазовських річок Волино-Подільською Придніпровською та Приазовською височинами. Річка Дніпро тече трьома природними зонами України: зона мішаних лісів, лісостепова зона і степова зона. В першій зоні клімат помірно-континентальний, літо тепле, вологе, зима м'яка. Від кордону з Білоруссю р. Дніпро тече в південному, а далі в південно-східному напрямі. Між м. Дніпром і м. Запоріжжям річка перетинає Український щит і змінює свій напрям на південно-західний. До спорудження Дніпрогесу в 1932 р. тут були Дніпровські пороги — Кодацький, Сурський, Лоханський, Дзвонецький, Ненаситець, Вовнизький, Будило, Лишний і Вільний.

Дніпро приймає більш як 1000 приток, довжина лише 90 з них перевищує 100 км. Найбільшими притоками Дніпра в межах України є Прип'ять, Рось, Базавлук, Інгулець, Десна, Трубіж, Ворскла, Оріль, Самара. Основний стік води р. Дніпра формується в більш зволжених північних районах. Майже 60-80% стоку води припадає на весняний період. Влітку та взимку р. Дніпро характеризується низькою меженню; замерзає з грудня до першої-другої декади березня. У верхній течії р. Дніпро живиться сніговими (50%), дощовими (20%) і підземними водами, у нижній — в основному сніговими (80-90%). Ширина р. Дніпра у верхній частині на території України (без водойм) — 90-700 м, від м. Києва до м. Дніпра — 300-1500 м, нижче від м. Херсон р. Дніпро розділяється на рукави і багатьма гирлами впадає в Дніпро-Бузький лиман. Середня глибина річки 3-7 м, швидкість течії 0,4-1,2 м/с[6]. Після спорудження водосховищ рівень води в р. Дніпро підвищився. У гідрографічному відношенні даний район ділиться на дві частини: Верхній Дніпро (від витoku до м. Києва), і Нижній Дніпро (від м. Києва до гирла).

Результати та їх обговорення. Точність обчислення середнього річного стоку води залежить від тривалості періоду спостережень, і ступеня мінливості його річних значень. Таким чином, норма стоку - середнє арифметичне з ряду спостережених його величин - є статистичним поняттям, що пов'язане з уявленнями про те, що річний стік води будь-якої річки є результатом великого числа факторів, в зв'язку з чим поява тієї чи іншої величини його в різні роки може розглядатися як випадкове явище. Тому коливання стоку в часі підпорядковуються нормальному, або близькому до нього закону розподілу і можуть досліджуватися методами математичної статистики і теорії ймовірностей. Виходячи з цього, норма водного стоку являє собою середню величину, біля якої коливаються значення стоку води окремих років. Подовження рядів середньорічного стоку води до багаторічного періоду відбувається переважно за рівнянням регресії між випадковими змінними x_i та y_i , яке надає змогу залучати дані одного, двох або трьох річок-аналогів.

За умов недостатньої кількості даних гідрометричних спостережень приведення норми стоку води до багаторічного періоду здійснюється із застосуванням парної або множинної регресії та їх рівняння можуть рекомендуватися для практичних розрахунків за дотримання наступних вимог [4,5]:

$$n' \geq 10, |r| \geq 0,7, \frac{|r|}{\sigma_r} \geq 2, \frac{|a|}{\sigma_a} \geq 2, \quad (1)$$

де n' – кількість спільних років спостережень у основному створі та у пунктах-аналогах; r – множинний або парний коефіцієнт кореляції; a – коефіцієнт регресії залежності; σ_r , σ_a – відповідно стандартна похибка коефіцієнта парної кореляції та коефіцієнта регресії.

Рівняння лінійної регресії, за яким відновлюється стік води, має наступний вигляд:

$$Q = b + a_1 Q_1 + a_2 Q_2 + \dots + a_n Q_n, \quad (2)$$

$$Q = b + a_1 \cdot Q_1, \quad (3)$$

де Q - витрата води у відновлювальному створі, $Q_1 \dots Q_n$ - витрати у пунктах-аналогах, b - вільний член, $a_1 \dots a_n$ - коефіцієнти регресії відповідних пунктів-аналогів.

Обов'язковою умовою при статистичній обробці будь-яких величин є однорідність членів ряду. Під однорідністю ряду річних величин стоку води за будь-який період слід розуміти незмінність протягом цього часу фізико-географічних факторів формування стоку і водогосподарського використання річки. Відповідно, норма водного стоку може бути визначена тільки для періоду з малозмінними середніми кліматичними і іншими фізико-географічними умовами в басейні річки і для одного і того ж рівня господарської діяльності на її водозборі. Зазначені умови на сьогоднішній день можуть бути забезпечені лише для гідрологічного поста р. Дніпро-Неданчичі. У свою чергу, стік води, відновлений для постів р. Дніпро-Київ та р. Дніпро-Лоцманська Кам'янка, слід вважати лише умовно природним.

Приймаючи до уваги, що середні річні витрати води р. Дніпра суттєво зростають за довжиною річки і це призводить до порушення однорідності стокових рядів за критеріями Фішера, Стюдента та Вількоксона, здійснено їх стандартне перетворення. В гідрологічній практиці найбільш часто використовується заміна випадкових величин модульними коефіцієнтами. У нашому випадку, здійснено перехід від власне витрат води до їх модульних коефіцієнтів – відношень значень випадкової величини до норми, що є перевагою (безрозмірність) на відміну від модуля стоку води, запропонованого у [4]. У результаті такого перетворення оцінку однорідності рядів за критерієм Стюдента було виключено, оскільки він застосовується для перевірки значущості розходження середній значень двох вибірок, тобто, в нашому випадку, середні значення величин модульних коефіцієнтів двох сукупностей є однаковими і будуть дорівнювати одиниці (табл. 1)

Таблиця 1. Результати перевірки на однорідність модульних коефіцієнтів середнього річного стоку води за параметричним критерієм Фішера та непараметричним критерієм Вількоксона при рівні значимості $2\alpha=5\%$

Критерії однорідності	Значення статистики		Результати перевірки основної гіпотези
	розрахункове вибіркоче	теоретичне (довірчі межі)	
р. Дніпро-Неданчичі, спільний період спостережень 1973-2013 (41 рік)			
Фішера, статистика F	1,13	[+1,+1,96]	ряди однорідні
Вількоксона, статистика U	817	[629, 1052]	ряди однорідні
р. Дніпро-Київ, спільний період спостережень 1895-1964 (70 років)			
Фішера, статистика F	1,01	[+1,+1,67]	ряди однорідні
Вількоксона, статистика U	2421	[1979, 2920]	ряди однорідні
р. Дніпро-Лоцманська Кам'янка, спільний період спостережень 1895-1959 (65 років)			
Фішера, статистика F	1,37	[+1,+1,71]	ряди однорідні
Вількоксона, статистика U	2099	[1691, 2533]	ряди однорідні

Дотримуючись зазначених вище передумов було відновлено середню річну витрату води для практично непорушеного стоку р. Дніпро-Неданчичі та умовного природного стоку р. Дніпро-Київ та р. Дніпро-Лоцманська Кам'янка. У якості аналогу для гідрологічного поста р. Дніпро-Неданчичі обрано сумарну витрату води за пунктами р. Дніпро-Річиця та р. Сож-Гомель, тоді як для відновлення умовно природного середнього річного стоку р. Дніпро-Київ та р. Дніпро-Лоцманська Кам'янка використано величину сумарного стоку за пунктами р. Дніпро-Річиця, р. Сож-Гомель, р. Прип'ять-Мозир та р. Десна-Чернігів.

Відновлення величини середніх річних витрат води великої полізональної річки, якою є Дніпро, в більшості випадків, супроводжується досить значущими кореляційними залежностями і зі збільшенням тривалості спільного періоду спостережень тіснота зв'язку підвищується (р. Дніпро-Київ та р. Дніпро-Лоцманська Кам'янка) (табл. 2).

Таблиця 2. Оцінки точності рівнянь лінійної регресії для відновлення середнього річного стоку води р. Дніпро

Параметри	Основні пункти відновлення середнього річного стоку води, y		
	р. Дніпро-Неданчичі, спільний період спостережень 1973-2013 рр.	р. Дніпро-Київ, спільний період спостережень 1895-1964 рр.	р. Дніпро-Лоцманська Кам'янка, спільний період спостережень 1895-1959 рр.
	Пункти-аналоги для відновлення середнього річного стоку води за величиною сумарного водного стоку, x		
	р. Дніпро-Річиця та р. Сож-Гомель	р. Дніпро-Річиця, р. Сож-Гомель, р. Прип'ять-Мозир та р. Десна-Чернігів	р. Дніпро-Річиця, р. Сож-Гомель, р. Прип'ять-Мозир та р. Десна-Чернігів
Рівняння регресії	$y = 0,9757x + 0,0243$	$y = 0,9811x + 0,0189$	$y = 1,0289x - 0,0289$
n'	41	70	65
r	0,915	0,977	0,978
σ_x	0,177	0,246	0,245
σ_y	0,189	0,247	0,258
a	0,9757	0,9811	1,0289
σ_r	0,026	0,0055	0,0059
σ_a	0,0690	0,0260	0,0289
r/σ_r	35,6	178	165
$ a /\sigma_a$	14,1	37,8	35,6
Виконання умов (1)	Виконуються	Виконуються	Виконуються

Також, головне те, що за результатами розрахунків, наведеними у табл. 2, бачимо повне виконання умов (1), а це свідчить про те, що отримані рівняння регресії можна використати як розрахункові формули для відновлення стоку води р. Дніпро і ці рівняння забезпечують достовірність і точність відновлення з 95% ймовірністю.

Відновлення середнього річного стоку води р. Дніпро-Неданчичі.

Вказаний гідрологічний пост є єдиним постійно діючим на сьогоднішній день серед постів, що відновлювалися у даній роботі і він характеризує справді природний стік Дніпра. Пост розташований в 3,2 км на захід від залізничної станції Неданчичі, в 20 м вище залізничного моста. Прилегла місцевість представляє собою низинну Придніпровську рівнину з плавними обрисами рельєфу, вкриту переважно лісовою рослинністю (переважає сосна, в долині – чагарники), ґрунти піщані та супіщані. Долина річки трапецієвидна, шириною до 10 км, схили її пологі, плавно зливаються з прилеглою місцевістю, слабо розчленовані, місцями залісені, зайняті під сільськогосподарські угіддя. Заплава шириною 6–7 км, в основному заболочена, розсічена старицями, місцями заросла чагарниками. В районі поста лівий і правий береги укріплені дамбою довжиною 3–4 км вище по течії, вода на заплаву не виходить. Вище поста вихід води на заплаву відбувається в обхід захисної дамби при рівні води 450 см над нулем поста. Русло звивисте, слабо деформується, позбавлено водної рослинності. Береги піщані, круті, висотою 3–4 м, місцями вкриті чагарниками. В районі поста, вище моста, спостерігаються затори льоду. Під час проходження високих рівнів в окремі роки спостерігаються підпірні явища від Київського водосховища. Пост пального типу, розташований на лівому березі, в затоці. На посту прийнята Балтійська система висот, передана нівелюванням IV кл. ГМС в 1980 р. Відмітка нуля поста 100,58 м БС. Гідроствор №2 розташований на 100 м вище поста.

Відновлення середніх річних витрат води р. Дніпро–Неданчичі здійснено через суму середніх річних витрат води на постах Дніпро-Річиця та Сож-Гомель та визначено основні статистичні параметри за період спостережень та відновленого ряду (табл.3, рис.1).

Таблиця 3. Основні статистичні параметри середніх річних витрат води р. Дніпро – м. Неданчичі за період спостережень та за весь період з відновленими стоковими даними

Параметри статистичного ряду	Значення статистичних параметрів	
	за період спостережень	за період спостережень разом з періодом відновлення стокових даних
	1973-2013 рр.	1895-2013 рр.
Кількість членів варіаційного ряду	41	119
Найбільше значення ряду, м ³ /с	764	978
Найменше значення ряду, м ³ /с	349	290
Розмах варіювання, м ³ /с	415	688
Норма, м ³ /с	578	593
Медіана, м ³ /с	593	594
Мода, м ³ /с	625	596
Середнє абсолютне відхилення, м ³ /с	90	108
Дисперсія	11915	18444
Стандарт, м ³ /с	109	135
Коефіцієнт варіації	0,19	0,23
Коефіцієнт асиметрії	-0,26	0,44

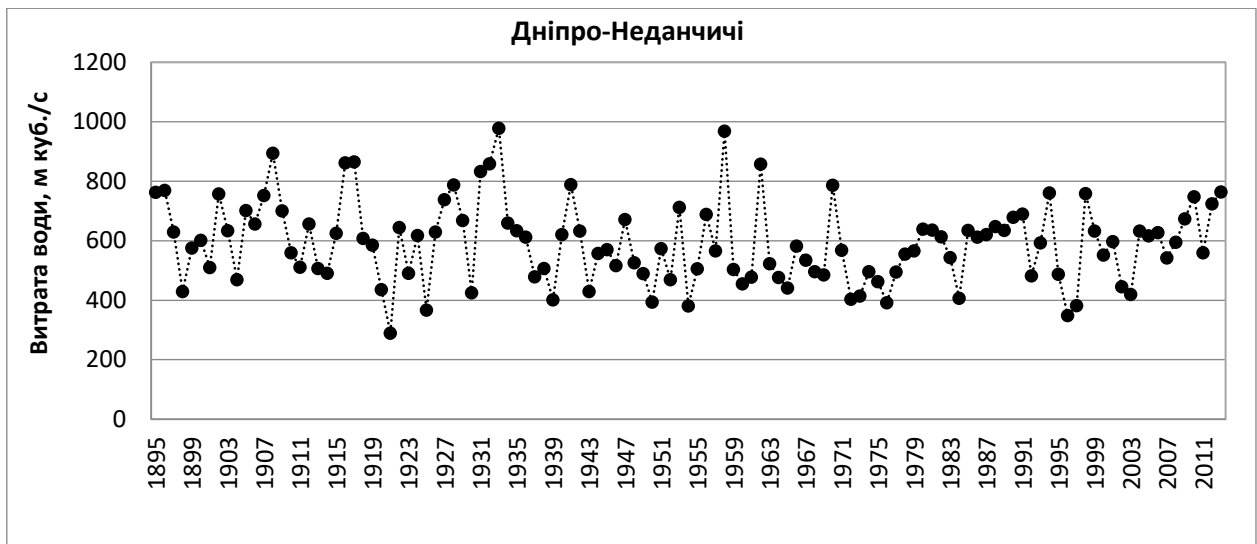


Рис. 1. Відновлений ряд середніх річних витрат води р. Дніпро –Неданчичі

Таким чином, р. Дніпро в районі м. Неданчичі знаходиться на кордоні з Республікою Білорусь та має площу басейну 239000 км². Витрату води почали вимірювати у 1973 р., тому за період 1973-2013 рр. була порахована норма, що дорівнює 578 м³/с. Розмах варіювання становить 415 м³/с. Близька до норми витрата води спостерігалась в такі роки: 1976 р. – 566 м³/с, 1993 р. – 594 м³/с, 2001 р. – 598 м³/с та в 2008 р. – 596 м³/с. Найбільш маловодними роками за період спостережень були роки: 1996 та 1997, витрата води дорівнювала 349 та 383 м³/с. Найбільш високий за період спостережень стік води спостерігався в 2013 р. - 764 м³/с.

Розмах варіювання відновленого ряду становить 688 м³/с. Близька витрата води до норми спостерігалась в такі роки: 1919 р. – 585 м³/с, 1993 р. – 594 м³/с, 2001 р. – 598 м³/с та в 2008 р. – 596 м³/с. Найбільш маловодними роками за період спостережень були: 1921 р. та 1996 р., витрата води дорівнювала відповідно 290 та 349 м³/с. Найбільш високий за період спостережень стік води спостерігався в 1933 р. – 978 м³/с, 1908 р. – 894 м³/с, 1958 р. – 969 м³/с.

Відповідно до проведених розрахунків (табл. 2) було відновлено ряд середнього річного стоку р. Дніпро в районі м. Неданчичі, за результатами якого ряд подовжено на 78 років, що дозволило здійснити наступні уточнення. Період відновлення 1895-1973 рр. характеризувався досить різкими як за повторюваністю так і за абсолютним значенням змінами водності, що підтверджується зростанням розмаху варіювання відновленого ряду на 40% (табл. 3) за рахунок збільшення максимального та зниження мінімального значення приблизно на 20% для кожного. Це призвело до збільшення дисперсії відновленого ряду на 36%, а також збільшення значення середнього абсолютного, середнього квадратичного відхилення та коефіцієнту варіації на понад 15%. Норма стоку відновленого ряду зросла на 2,5% по відношенню до періоду інструментальних спостережень.

Річка Дніпро біля м. Неданчичі є єдиним постом в Україні, за яким можна оцінювати середній річний стік води Дніпра у відносно не порушеному стані а його відновлення, дає змогу здійснити приведення величин до багаторічного періоду, що, в першу чергу, значно розширює амплітуду коливань, забезпечуючи уточнення величини середньої річної витрати найбільш багатоводних та маловодних років, які зазвичай і є найбільш критичними у гідрологічному відношенні, сама ж норма стоку води змінилася несуттєво.

Відновлення середнього річного стоку води р. Дніпро-Київ. Традиційно для визначення середнього річного стоку Дніпра біля Києва на сьогоднішній день використовують суму витрат за даними Київської ГЕС та р. Десна-Літки, однак у даній роботі не використовувалися дані Київської ГЕС, оскільки, з одного боку, спільний період спостережень становить лише 9 років, що з методичної точки зору не дозволяє відновлювати майже не порядок більші послідовності (хоча у цієї залежності $r=0,99$), а, з іншого боку, нами використані дані гідрологічних постів, що не зазнали настільки суттєвих антропогенних змін, а тому відновлено умовно природний стік води р. Дніпро-Київ.

Окремі виміри рівнів води р. Дніпра біля Києва відомі з початку XVIII сторіччя, однак вони проводились без належної висотної ув'язки нулів спостережень. Офіційно 13 серпня 1876 р. Київським округом шляхів сполучень на Миколаївському ланцюговому мосту був облаштований рейковий пост. Найбільш раннім документальним підтвердженням існування гідрометричної станції, що дійшов до наших днів є запис на металевому репері на колишній садибі гідрометричної станції, яка знаходилась на 1400 м вище Миколаївського мосту, біля будівлі-старої водоканали Арсеналу - "№ 1 МПС Гидром. ст. 1912 г.". У 1912-1917 рр. спостереження велись з рейки на палях, яка була розташована під мостом, а також на першому ліворуч від ріки біку Миколаївського мосту. Миколаївський міст був зруйнований під час громадянської війни і на його місці у 1925 р. був споруджений міст імені Євгенії Бош. У гідрологічному щорічнику за 1936-1937 рр. вказано, що станцію розташовано біля мосту ім. Євгенії Бош. У 1942 р., після закриття цієї станції і перенесення спостережень на правий берег, її функції було передано гідрометеостанції, розташованій по вул. Софійській, 21 і підпорядковано окупаційним військам. Після звільнення Києва гідрологи у листопаді 1943 р. перебували у складі гідрометстанції Київ в садибі Київської геофізичної обсерваторії за адресою вул. Толстого, 14-Б. У 50-і роки XX сторіччя станцію повернули до будинку по вул. Софіївській, 21. Будинок нинішньої гідрологічної станції на Венеціанському острові (Гідропарк) збудовано у 1958 р. У 1976 р. з огляду на те, що пост опинився у підпорі від греблі Канівської ГЕС, та у зв'язку з реконструкцією набережної гідрометричні спостереження на Дніпрі у Києві було припинено. Пункт спостереження було перенесено на 1418 м нижче, на правий берег Венеціанського острова (Гідропарк), де він працює вже як озерна станція[1].

Відновлення середніх річних витрат води р. Дніпро-Київ здійснено через суму середніх річних витрат води на постах р. Дніпро-Річиця, р. Сож-Гомель, р. Прип'ять-Мозир та р. Десна-Чернігів та визначено основні статистичні параметри за період спостережень та відновленого ряду (табл.4, рис.2).

Річка Дніпро в місті Києві має площу басейну 328000 км². За період спостережень 1881-1964 рр. норма стоку становила 1358 м³/с, близькі значення спостерігалися у 1900 та 1957 рр. - 1360 м³/с, а також у 1936 і 1955 рр. - 1350 м³/с, при цьому розмах варіювання ряду складає 1670 м³/с.

Найбільш маловодним роком був 1921 р. - 600 м³/с. Найбільш високий стік води за період спостережень був у 1933 р. - 2270 м³/с, та у 1958 р. - 2180 м³/с.

Завдяки відновленню ряд подовжено на 49 років. Норма стоку за цей період становила 1391 м³/с, близькі за витратою води до норми стоку за відновлювальний період були: 1915 і 1922 рр. з нормою стоку 1390 м³/с. Найбільший високий стік за період 1881-2013 рр. був у 1970 р. - 2490 м³/с.

Таким чином, норма стоку відновленого ряду виросла лише на 2 %, мінімальне значення не змінилося, а максимальне виросло на 8%, решта статистичних параметрів, за виключення коефіцієнта асиметрії змінилася у межах 1-4%.

Таблиця 4. Основні статистичні параметри середніх річних витрат води р. Дніпро – м. Київ за період спостережень та за весь період з відновленими стоковими даними

Параметри статистичного ряду	Значення статистичних параметрів	
	за період спостережень	за період спостережень разом з періодом відновлення стокових даних
	1881-1964 рр.	1881-2013 рр.
Кількість членів варіаційного ряду	84	133
Найбільше значення ряду, м ³ /с	2270	2490
Найменше значення ряду, м ³ /с	600	600
Розмах варіювання, м ³ /с	1670	1890
Норма, м ³ /с	1358	1391
Медіана, м ³ /с	1350	1370
Мода, м ³ /с	1334	1328
Середнє абсолютне відхилення, м ³ /с	258	242
Дисперсія	109738	101602
Стандарт, м ³ /с	331	319
Коефіцієнт варіації	0,24	0,23
Коефіцієнт асиметрії	0,36	0,49

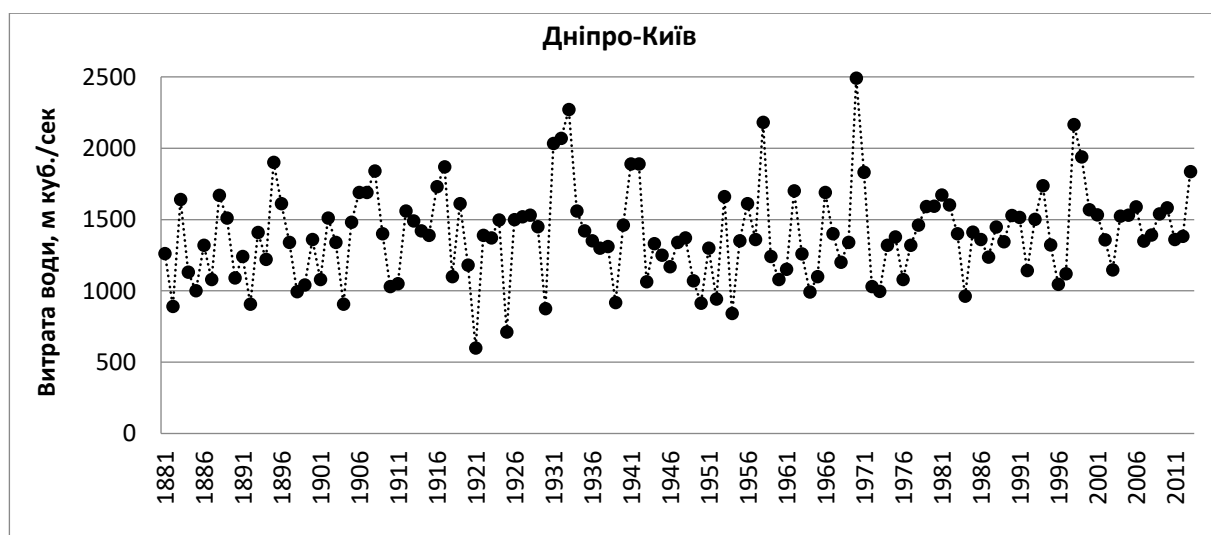


Рис. 2. Відновлений ряд середніх річних витрат води р. Дніпро –Київ

Відновлення середнього річного стоку води р. Дніпро-Лоцманська Кам'янка. Спостереження за режимом стоку річок на території України розпочались ще за часів Київської Русі. Літописи X - XII століть містять відомості про екстремальні гідрологічні явища, в першу чергу, катастрофічні повені або надзвичайно низький стік річок, пов'язаний з посухами. Найбільш детальний опис та систематизація відомостей про гідрологічні явища на території України наведено в роботі Г. І. Швеця [7]. Автор проаналізував архівні фонди Центрального державного історичного архіву (м. Санкт-Петербург), зокрема: літописи, хроніки, мемуари, записки, описи подорожей та військових дій, дослідження неврожаїв, а також у складі декількох експедицій виконував спеціальні дослідження міток високих вод на прибережних скелях Дніпра до їх затоплення водами водосховищ.

Систематичні водомірні спостереження на Дніпрі проводились уже в XVII столітті, що було викликано, переважно, практичною необхідністю. Перші

гідрологічні спостереження розпочались біля села Лоцманська Кам'янка. Початок функціонування даного поста умовно можна віднести до 1656 р. Водомірний пост біля Лоцманської Кам'янки був розміщений безпосередньо перед дніпровськими порогами, оскільки в цьому місці русло перетинало гранітний масив, мало дуже значні глибини, правильну коритоподібну форму та практично не змінювалося з часом. Організація спостережень тут була обумовлена необхідністю судноплавства, зокрема, проведенням суден через пороги щоб пройти по річці порожисту ділянку між містами Катеринослав і Олександрівськ (нинішні Дніпропетровськ і Запоріжжя), – 9 порогів і 40 забор. Для проходження порогів судна та плоту проходили попередню підготовку, яка полягала у приведенні глибини їх занурення(осадки) до певного допустимого значення. Осадка водного транспорту залежала від глибини судоходної траси, лімітованої у найбільш проблемних ділянках над порогами (Ненаситецький поріг). Для того щоб знати глибину цієї траси проводилися синхронні спостереження за її величиною та висотою рівня води на скелі Кам'яного острова, що знаходився навпроти поселення Лоцманська Кам'янка.

Точно визначити дату початку функціонування такого гідрологічного поста неможливо, тому ватро орієнтуватися на першу письмову згадку про нього, розуміючи що спостереження там проводилися і значно раніше. Саме такою згадкою є інструкція для регулювання судноплавства через Дніпровські пороги, складена 1656 року на замовлення Запорізького Коша, в якій визначалася глибина занурення суден і плотів у залежності від глибини русла біля Ненаситецького порогу. Цією інструкцією користувались аж до кінця XVIII століття. На початку спостережень відомості про рівень води не записувалися, а трималися у пам'яті лоцманів, а перші зафіксовані дані відносяться до 1778 р. На сьогоднішній день територія першого українського гідрологічного поста затоплена водами Дніпровського водосховища.

Відомості про середню річну витрату води з 1818 р. були використані з роботи Г.І. Швеця [7], тому загальний період спостережень обмежений 1818-2013 рр. Відновлення здійснювалося через суму середніх річних витрат води на постах Дніпро-Річиця, Сож-Гомель, Прип'ять-Мозир та Десна-Чернігів (табл.5, рис.3).

Таблиця 5. Основні статистичні параметри середніх річних витрат води р. Дніпро – Лоцманська Кам'янка за період спостережень та за весь період з відновленими стоковими даними

Параметри статистичного ряду	Значення статистичних параметрів	
	за період спостережень	за період спостережень разом з періодом відновлення стокових даних
	1818-1959 рр.	1818-2013 рр.
Кількість членів варіаційного ряду	142	196
Найбільше значення ряду, м ³ /с	3040	3040
Найменше значення ряду, м ³ /с	717	717
Розмах варіювання, м ³ /с	2323	2323
Норма, м ³ /с	1673	1672
Медіана, м ³ /с	1670	1670
Мода, м ³ /с	1663	1665
Середнє абсолютне відхилення, м ³ /с	357	323
Дисперсія	204201	178898
Стандарт, м ³ /с	452	423
Коефіцієнт варіації	0,27	0,25
Коефіцієнт асиметрії	0,44	0,48

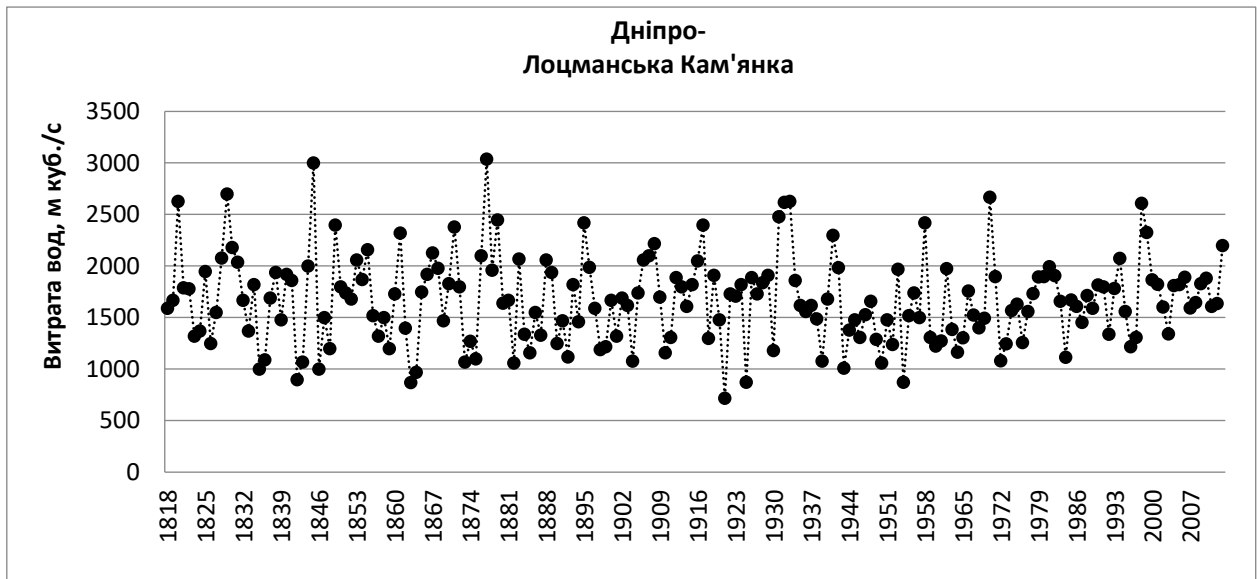


Рис. 3. Відновлений ряд середніх річних витрат води р. Дніпро – Лоцманська Кам'янка

Пункт спостереження р. Дніпро – Лоцманська Кам'янка мав площу водозбору 434000 км². За період спостережень 1818-1959 рр. норма стоку становила 1673 м³/с. Найбільш маловодним роком був 1921 р. з витратою води 717 м³/с, багатоводним був 1887 р. з витратою 3040 м³/с та 1845 р. з витратою 3000 м³/с. Близька витрата води до норми спостерігалася в такі роки: 1819, 1832, 1881, 1900 була зафіксована витрата 1670 м³/с, у 1852 та 1940 рр. витрата становила 1680 м³/с.

Відновлення дало змогу збільшити період спостережень на 54 роки. За цей період норма річного стоку майже не змінилася по відношенню до періоду інструментальних спостережень і становить 1671 м³/с, розмах варіювання залишився тим самим, а середнє абсолютне відхилення, дисперсія і стандарт знизилися близько 10%.

Висновки. Спостереження за стоком води Дніпра мають одні з найбільш тривалих рядів, однак вони були порушені через будівництво каскаду водосховищ. Відновлення стоку води для діючого на сьогоднішній день поста р. Дніпро-Неданчичі дозволило суттєво уточнити розмах його варіювання за рахунок залучення періоду більш інтенсивних коливань водності. На відміну від нього, відновлення стоку води біля постів р. Дніпро - Київ та р. Дніпро – Лоцманська Кам'янка суттєво не змінило вихідні статистичні параметри, оскільки період з 50-х років минулого сторіччя і до наших днів не відрізнявся значними змінами водності. Отримані за результатами роботи відновлені послідовності стоку води можуть бути використані для виділення фаз та циклів в багаторічних коливаннях водності р. Дніпра.

Список літератури

1. Гідрометеорологічна служба України / За ред. В.М. Ліпінського. К.: Сталь, 2015. 292 с.
2. Гидрологические и водно-балансовые расчеты / Под ред. Н.Г. Галущенко. К.: Вища школа, 1987. 248 с.
3. Методичні вказівки до виконання робіт із дисципліни «Математичні методи в гідрометеорології» / упоряд. О.І. Лук'янець. К.: ВПЦ «Київський університет», 2010. С. 10-16, 29-33 с.
4. Определение расчетных гидрологических характеристик СНИП 2.01.14-83. М.: Гос. комитет СССР по делам строительства. 1983. 97 с.
5. Пособие по определению основных гидрологических характеристик. Л.: Гидрометеоздат, 1984. 284 с.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические хаарктеристики. Т. 6. Украина и

Молдавия. Вып. 2. Среднее и нижнее Поднепровье / Под ред. М.С.Каганера. Л.:ГМИ, 1971. 656 с. 7. Швец Г.И. Выдающиеся гидрологические явления на юго-западе СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 233 с.

**Відновлення середнього річного стоку води річки Дніпро
Чорноморець Ю.О., Павленко П.О., Лук'янець О.І.**

В статті подано результати дослідження з відновлення середніх річних витрат води р. Дніпро, а саме, р. Дніпро біля м. Неданчичі (за умов практично непорушеного середнього річного стоку) та р. Дніпро біля м. Київ і р. Дніпро біля с. Лоцманська Кам'янка (умовного природного стоку).

Для порівняння стоку води на різних ділянках річки Дніпро, витрату води було переведено у модульний коефіцієнт. В процесі дослідження обрано річки-аналоги для відновлення стоку води та проведена перевірка на однорідність стокових рядів. Часові ряди модульних коефіцієнтів є однорідними за критеріями Вількоксона і Фішера.

Кореляційні зв'язки між пунктами-відновлення на р. Дніпро і пунктами-аналогами виявилися досить значущими і отримані рівняння регресії забезпечують достовірність і точність відновлення з 95% ймовірністю.

Розрахунки основних статистичних параметрів середніх річних витрат води р. Дніпро біля м. Неданчичі, м. Київ, с. Лоцманська Кам'янка за період спостережень та за весь період з відновленими стоковими даними дозволили прослідкувати їх багаторічні зміни та суттєво їх уточнити.

Ключові слова: *стік води, річка Дніпро, відновлення характеристик річного водного стоку, однорідність рядів, статистичні параметри*

**Восстановление среднего годового стока воды реки Днепр
Чорноморець Ю.А., Павленко П.А., Лукьянец О.И.**

В статье представлены результаты исследования по восстановлению средних годовых расходов воды р. Днепр, а именно, р. Днепр возле г. Неданчичи (при условии практически ненарушенного среднего годового стока) и р. Днепр возле г. Киев и р. Днепр возле с. Лоцманская Каменка (условного естественного стока).

Для сравнения стока воды на разных участках реки Днепр, расход воды был переведен в модульный коэффициент. В процессе исследования выбраны реки-аналоги для восстановления стока воды и проведена проверка на однородность стоковых рядов. Временные ряды модульных коэффициентов являются однородными по критериям Вилькоксона и Фишера.

Корреляционные связи между пунктами-восстановления на р. Днепр и пунктами-аналогами оказались достаточно значимыми и получены уравнения регрессии обеспечивают достоверность и точность восстановления с 95% вероятностью.

Расчеты основных статистических параметров средних годовых расходов воды р. Днепр возле г. Неданчичи., г. Киев, с. Лоцманская Каменка за период наблюдений и за весь период с восстановленными стоковыми данным позволили проследить их многолетние изменения и существенно их уточнить.

Ключевые слова: *сток воды, река Днепр, восстановление характеристик годового водного стока, однородность рядов, статистические параметры*

**Restoration of the average annual runoff of the Dnipro River
Chornomorets Yu.O., Pavlenko P.A, Lukianets O.I.**

Long-term changes in runoff of the Dnipro River are researched using the average annual water discharges. These time series have a significant number of passes due to various reasons.

The main objective of this article was to reinstate these passes and extend the time series of the average annual runoff of the Dnipro River.

Calculations were made for three hydrological observing stations on the Dnipro River: Nedanchychi, Kyiv and Lotsmans'ka Kam'yanka. The water discharge at each of these hydrological observing stations was restorationed due to dependence of the sum water discharges of the biggest tributaries associated with this station.

Accordingly discharge Dnipro at Nedanchychi depends on the sum of discharges Dnipro at Richicya and Sozh at Gomel, Dnipro at Kyiv and Dnipro at Lotsmans'ka Kam'yanka depend on the sum of discharges Dnipro at Richicya, Sozh at Gomel, Prip'yat at Mazyr, Desna at Chernihiv.

For the comparison of runoff at different sections of the Dnipro River, water discharge is transformed into a modular coefficient. Time series of the modular coefficients are homogeneity by the Wilcoxon and Fisher signed-rank tests.

Correlations between modular coefficients for hydrological observing stations turned out to be quite significant.

The assessment of the possibility of their using for restoring the average annual runoff of the Dnipro River indicates that these regression equations can be using as calculation formulas. They provide reliability and accuracy of recovery with a 95% probability.

Calculations of the basic statistical parameters of the average annual runoff of the Dnipro River at Nedanchychi, Kyiv and Lotsmans'ka Kam'yanka during the entire period with the restored data allowed to substantially clarify them.

Restoration water discharges can be used to allocate phases and cycles in long-term of runoff fluctuation of the Dnipro River.

Keywords: *runoff, Dnipro River, restoration of the average annual runoff, homogeneity annual runoff, statistical parameters.*

Надійшла до редколегії 08.11.2017