

АНОТАЦІЯ

Приходькіна В.С. Особливості максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Південний Буг та його розрахункові характеристики. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 103 «Науки про Землю». – Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України, Київ, 2021.

У дисертації виконано дослідження максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Південний Буг. Актуальність дослідження обумовлюється науковим і практичним значенням відомостей щодо умов формування екстремальних значень максимального стоку води, частоти їхньої появи, багаторічних тенденцій, розрахункових характеристик, прогнозування тощо. Особливо важливі такі знання для р. Південний Буг, оскільки її басейн характеризується високим рівнем господарського освоєння території.

Метою роботи є встановлення просторово-часових закономірностей максимального стоку весняного водопілля р. Південний Буг та визначення його розрахункових характеристик.

Об'єктом дослідження є максимальний стік весняного водопілля річок басейну Південного Бугу.

Предметом дослідження є просторово-часові закономірності максимального стоку весняного водопілля р. Південний Буг та його розрахункові характеристики.

Розглянуто основні чинники та умови формування максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Південний Буг. Формування водного стоку відбувається у верхній та середній частинах басейну. Нижня частина, що розташована у степовій зоні суттєво не впливає на величину водного стоку

р. Південний Буг. Кліматичні чинники умов формування весняного водопілля характеризуються циклічними коливаннями. Водний стік р. Південний Буг у минулому мав суттєву мінливість. Згідно гідрометричних спостережень самим багатоводним роком був 1932 р., а самим маловодним – 1921 р. Показано, що починаючи з 80-х років ХХ сторіччя відбувається зменшення максимального стоку весняного водопілля та збільшення мінімального стоку літньо-осінньої межени, що призводить до внутрішньорічного перерозподілу стоку. Як наслідок, середній багаторічний стік річок басейну Південного Бугу не змінюється. З'ясовано, що у середньому за період 1914-2019 рр. весною формується до 45,8% річного стоку, зимою – 22,2%, влітку та восени по 16%. Отже, весняне водопілля залишається самою багатоводною фазою водного режиму р. Південний Буг.

Виконано аналіз методичних підходів щодо дослідження максимального стоку весняного водопілля р. Південний Буг та проаналізовано результати основних досліджень, обґрунтовано алгоритм та методи досліджень. У роботі знайшли застосування гідролого-генетичні та статистичні методи, методи математичної статистики та теорії ймовірності, кореляційний аналіз, метод Indicators of Hydrologic Alteration (ІНА), фасетний метод, метод α , географічні інформаційні системи (MapInfo, Grapher), а також аналітичні, експертні методи аналізу та гідрологічного узагальнення інформації. Вихідними матеріалами для дослідження слугували дані спостережень за гідрологічним режимом річок, що містяться у різних опублікованих довідкових матеріалах, підготовлених Центральною геофізичною обсерваторією ім. Бориса Срезневського (м. Київ). Використано дані спостережень 21 гідрологічного поста у басейні річки Південний Буг з початку спостережень по 2015 р. включно. Для визначення статистичних параметрів за методом Indicators of Hydrologic Alteration використано щоденні витрати води за період від початку спостережень по 2018 та 2019 рр.

Отримано просторово-часові тенденції максимального стоку води весняного водопілля в басейні р. Південний Буг. Показано, що максимальний стік весняного

водопілля характеризується циклічними і періодичними коливаннями. Ряди спостережень максимальних витрат і шарів стоку весняного водопілля є квазіоднорідними і квазістаціонарними. Це обумовлюється особливостями максимального стоку весняного водопілля, а саме наявністю в рядах спостережень лише зростаючої та спадаючої фаз довготривалих циклічних коливань, їхньою значною тривалістю і мінливістю максимального стоку.

Виявлено послідовне чергування 15-річних періодів підвищеної та пониженої водності р. Південний Буг, розпочинаючи з 1922 року. Це дозволило скласти прогноз на подальші періоди за методом α . Згідно прогнозу у період 2020-2041 рр. слід очікувати значне зростання середніх річних витрат води, у порівнянні з періодом 2015-2019 рр. Враховуючи те, що весняне водопілля визначає водність річки у кожному році, можна очікувати зростання і максимального стоку весняного водопілля у ці періоди.

Встановлено вплив на водний стік р. Південний Буг сонячної активності, спалахів на Сонці, Великих протистоянь Марса та Юпітера, а також появи поблизу Землі комет. З'ясовано, що у роки максимумів сонячної активності середні річні витрати води в середньому у 1,3 рази вищі, ніж у роки мінімумів сонячної активності; на наступний рік після екстремальних спалахів на Сонці відбувається зниження водного стоку – середній коефіцієнт зниження склав 0,66; на наступний рік після проходження комет поблизу Землі спостерігається зростання водного стоку – середній коефіцієнт зростання склав 1,21; у роки Великих протистоянь Марса середні річні витрати води в середньому перевищують норму стоку у 1,12 раз, а в роки Великих протистоянь Юпітера – становлять тільки 0,91 норми стоку.

Виконано фасетну класифікацію гідрографів, яка використовує багатовимірний статистичний підхід і має контрольовану кількість класів. За даними характеристик 102 гідрографів весняного водопілля, які спостерігались на р. Південний Буг біля смт Олександрівка за період 1914-2015 рр. визначено 81 клас теоретичних гідрографів. В якості характеристик гідрографів використано наступні

показники: дати початку та закінчення весняного водопілля, настання найбільшої витрати води і найбільші строкові витрати. Найбільш поширеними формами гідрографів є Р Р Р Н_в (ранній початок водопілля, раннє настання найбільшої витрати та ранній кінець водопілля, низька витрата) та П П П В_в (пізній початок водопілля, пізнє настання найбільшої витрати та пізній кінець водопілля, висока витрата), які містять 8 та 10 гідрографів відповідно.

З'ясовано багаторічні тенденції максимального стоку води весняного водопілля в басейні р. Південний Буг за методом Indicators of Hydrologic Alteration (ІНА). Виконано розподіл характеристик водного стоку р. Південний Буг на п'ять складових, а саме надзвичайно низький стік, низький стік, пульсації високого стоку, невеликі повені, великі повені. У роботі детально досліджено характеристики максимального стоку, до якого віднесено пульсації високого стоку, невеликі повені, великі повені вздовж річки Південний Буг та з часом. Показано, що річка Синюха має вагомий вплив на водність р. Південний Буг, а саме вона визначає настання її найбільшої водності біля смт Олександрівка. Виявлено деякі особливості максимального стоку: у верхів'ї річки найбільшу тривалість мають невеликі повені та пульсацій високого стоку; у середньому великі повені повторюються 1 раз на 10 років, невеликі повені – 1 раз на 2 роки, пульсації високого стоку – 4-8 раз на рік у верхів'ї та 9-14 раз на рік у середній течії; у верхів'ї річки у середньому за юліанськими датами піки великих повеней спостерігаються в першій декаді квітня, невеликих повеней – першій декаді травня, у середній течії – у третій декаді березня, а пульсації високого стоку вздовж річки – в першій-другій декаді липня. З часом величини максимальних витрат води великих та невеликих повеней мають тенденцію до зменшення, а їхня тривалість суттєво збільшилася. Максимальні витрати води невеликих повеней біля смт Олександрівка не зазнали суттєвих змін. За період спостережень для характеристик пульсацій високого стоку вздовж річки не виявлено будь яких суттєвих змін.

Визначено розрахункові характеристики максимального стоку весняного водопілля у басейні р. Південний Буг за даними спостережень. Показано, що відновлення пропусків у рядах спостережень та аналіз довготривалих циклічних коливань є особливо важливим етапом дослідження, оскільки це дозволяє отримати інформацію про екстремальні значення, які спостерігались у фазу зростання довготривалих циклічних коливань у басейні річки Південний Буг. Це сприяє отриманню більш надійних та стабільних у часі статистичних характеристик рядів спостережень. Для апроксимації емпіричних точок використано аналітичні розподіли Крицького-Менкеля, Пірсона III типу і Гамбеля. Виявилось, що при побудові аналітичних розподілів виникають певні труднощі. Це пояснюється тим, що емпіричні розподіли максимального стоку весняного водопілля є дуже асиметричними завдяки наявності лише декількох екстремальних значень. Розрахункові характеристики максимальних витрат води весняного водопілля з часом стали стабільними, що обумовлюється наявністю у часових рядах фаз збільшення та зменшення довготривалих циклічних коливань.

Оновлено параметри редукційної формули, а саме K_0 , n , μ за сучасними даними спостережень. Показано, що сучасні параметри відрізняються від раніше отриманих. Це можна пояснити тим, що з подовженням рядів спостережень більш чіткіше проявляються циклічні довготривалі коливання максимального стоку весняного водопілля у басейні р. Південний Буг.

Виконано просторовий розподіл середнього багаторічного шару стоку води весняного водопілля, його коефіцієнту варіації у басейні р. Південний Буг з застосуванням принципу неперекривання водозборів річок у ГІС MapInfo з використанням триангуляційного методу, який дозволяє позбутися суб'єктивних чинників і автоматично отримувати значення у будь-якій точці карти. Отримані карти суттєво деталізують особливості просторового розподілу максимального стоку води весняного водопілля у басейні р. Південний Буг.

Показано, що у басейні р. Південний Буг виконати розрахунки для малих річок, струмків та балок досить проблематично за будь якими розрахунковими формулами, оскільки на них відсутні гідрометричні спостереження. Окрім цього, виникають труднощі і з розрахунками у лісовій та степовій зонах басейну зважаючи на недостатню щільність мережі спостережень, що також ускладнює розрахунки та знижує їхню достовірність.

Ключові слова: максимальний стік, весняне водопілля, р. Південний Буг, однорідність, стаціонарність, циклічні коливання, Indicators of Hydrologic Alteration, редуційна формула, статистичні показники

ABSTRACT

Prykhodkina V.S. Features of the maximum runoff of spring floods in the Southern Bug Basin and its calculated characteristics. – Qualified scientific paper on as a manuscript.

Thesis submitted for a Doctor of Philosophy Degree in specialty 103 "Earth Sciences". – Ukrainian Hydrometeorological Institute of the State Service of Emergencies of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2021.

In this study, performed the research of the maximum runoff of spring floods in the Southern Bug Basin. The relevance of the study is due to the scientific and practical value of information on the conditions of formation of extreme values of maximum runoff, the frequency of their occurrence, long-term trends, design characteristics, forecasting, and more. The knowledge is especially important for the Southern Bug Basin, because basin characterized by a prominent level of economic development of the territory.

The purpose of the present study is to establish the spatio-temporal patterns of the maximum runoff of spring floods of the Southern Bug River and to determine its design characteristics.

The object of the study is the maximum snowmelt runoff of the rivers of the Southern Bug Basin.

The subject of the study is the spatio-temporal regularities of the maximum runoff of spring floods of the Southern Bug River and its calculated characteristics.

The main factors and conditions of formation of the maximum runoff of spring floods in the Southern Bug Basin are considered. The formation of water runoff occurs in the upper and middle parts of the basin. The lower part, located in the steppe zone, does not significantly affect the amount of water runoff of the Southern Bug River. The climatic factors of conditions formation of spring floods characterized by cyclic fluctuations. The water runoff of the Southern Bug River has had significant variability in the past. According to hydrometric time series, the highest water year was 1932, and the lowest water year was 1921. It shown that since the 1980s there has been a decrease in the maximum runoff of spring floods and an increase in the minimum runoff of the summer-autumn low water, intra-annual redistribution of flow. As a result, the average long-term river flow of the Southern Bug Basin does not change. It found that on average for the period 1914-2019 up to 45.8% of annual runoff formed in spring, 22.2% in winter, and 16% in summer and autumn. Therefore, the spring floods remains the most abundant phase of the water regime of the Southern Bug River.

The analysis of methodical approaches to the study of the maximum runoff of spring floods of the Southern Bug River performed and the results of the main research analysed, the algorithm and research methods substantiated. Hydrological-genetic and statistical methods, methods of mathematical statistics and probability theory, correlation analysis, Indicators of Hydrologic Alteration (INA) method, facet method, α , method, geographic information systems (MapInfo, Grapher), as well as analytical, expert methods of analysis and hydrological generalization of the information. The starting materials for the study were data from observations of the hydrological regime of rivers contained in various published reference materials prepared by the Central Geophysical Observatory named by Borys Sreznevsky (Kyiv). Data time series from 21 hydrological stations in the

Southern Bug Basin from the beginning of observations up to 2015 are used. The statistical parameters by the method of Indicators of Hydrologic Alteration to determine using daily discharge time series from the period the beginning of observations up to 2018 and 2019.

The spatio-temporal tendencies of the maximum runoff of spring floods in the Southern Bug Basin are obtained. It shown that the maximum runoff of spring floods is characterized by cyclic and periodic fluctuations. The data time series of the maximum flow and depth of runoff of spring floods are quasi-homogeneous and quasi-stationary. This is because of the peculiarities of the maximum runoff of spring floods, namely the presence in the data time series only of the ascending and descending phases of long-term cyclic fluctuations, their significant duration, and variability of the maximum runoff.

The influence of solar activity, flares on the Sun, the Great Confrontations of Mars and Jupiter, as well as the appearance of comets near the Earth has been established on the water runoff of the Southern Bug River. It was found that in the years of maximum solar activity, the average annual water consumption is on average 1.3 times higher than in the years of minimum solar activity; the following year, after extreme flashes in the Sun, there is a decrease in water runoff – the average reduction rate was 0.66; the following year after the passage of comets near the Earth, there is an increase in water runoff – the average growth rate was 1.21; in the years of the Great Confrontations of Mars, the average annual flow of water on average exceeds the norm of runoff by 1.12 times, and in the years of the Great Confrontations of Jupiter – is only 0.91 runoff.

The consistent alternation of 15-year periods of high and low water levels of the Southern Bug River, starting from 1922, is revealed. This allowed us to make a forecast for subsequent periods by the method of α . According to the forecast, in the period 2020-2041 a significant increase in average annual water consumption should be expected, compared to the period 2015-2019 periods.

A faceted classification of hydrographs is performed, which uses a multidimensional statistical approach and has a controlled number of classes. According

to the characteristics of 102 hydrographs of spring flood, which were observed on the Southern Bug River near the village of Oleksandrivka for the period 1914-2015, 81 classes of theoretical hydrographs were determined. The following indicators were used as characteristics of hydrographs: dates of the beginning and the end of spring flood, occurrence of the greatest expense of water and the greatest term expenses. The most common forms of hydrographs are EEEL_d (early start of the spring flood, early occurrence of the peak discharge, early the end of the spring flood and lowest discharge) and LLLH_d (late start of the spring flood, late occurrence of the peak discharge, late the end of the spring flood and highest discharge), contain 8 and 10 hydrographs, respectively.

The long-term tendencies of the maximum runoff of spring floods in the Southern Bug Basin according to the Indicators of Hydrologic Alteration (INA) method have been clarified. The characteristics of runoff of the Southern Bug River are divided into five components, namely extreme low flows, low flows, high-flow pulses, small floods, and large floods. The research investigates in detail the characteristics of the maximum runoff, which includes high-flow pulses, small floods, and large floods down the Southern Bug River, and over time. It shown that the river Syniukha has a significant impact on the water content of the Southern Bug River, namely, it determines the onset of its highest water content near the village of Oleksandrivka. Some features of maximum runoff have been identified: small floods and high-flow pulses have the longest duration in the upper reaches of the river; on average, large floods recur once every 10 years, small floods – once every 2 years, high-flow pulses – 4-8 times a year in the upper reaches and 9-14 times a year in the middle course; in the upper reaches of the river, on average Julian dates, peaks of large floods are observed in the first decade of April, small floods in the first decade of May, in the middle course in the third decade of March, and high-flow pulses down the river in the first or second decade of July. Over time, the values of the maximum discharge of large and small floods tend to decrease, and their duration has increased significantly. The maximum discharge of small floods near the village of Oleksandrivka has not changed significantly. During the observation period, no

significant changes were detected for the characteristics of high runoff ripples along the river.

The determining characteristics of the maximum runoff of spring floods in the Southern Bug Basin have been determined according to observations. It showed that the restoration of gaps in the data time series and analysis of long-term cyclical fluctuations is a particularly important stage of the study, as it provides information on extreme values observed during the growth phase of long-term cyclic fluctuations in the Southern Bug Basin. This contributes to obtaining more dependable and stable over time statistical characteristics of the data time series. To approximate the empirical points analytical distributions of the Kritsky-Menkel, Pearson type III, and Gumbel was used. It turned out that there are some difficulties in constructing analytical distributions. This is since the empirical distributions of the maximum runoff of spring floods are very asymmetric because of the presence of only several extreme values. The calculated characteristics of the maximum runoff of spring floods have become stable over time, owing to the presence in the time series of phases of increase and decrease of long-term cyclic fluctuations.

Updated parameters of the reduction formula, namely K_0 , n , μ according to modern observation data. It revealed that the current parameters differ from those previously obtained. This can explain that the lengthening of the data time series is more clearly manifesting by cyclic long amounts of maximum runoff of the spring flood in the Southern Bug Basin.

The spatial distribution of the average perennial depth of spring floods runoff, its coefficient of variation in the Southern Bug Basin using the principle of non-overlapping of river basins in GIS MapInfo using the triangulation method, which allows to get rid of subjective factors and automatically obtain values in any point map. The obtained maps significantly detail the features of the spatial distribution of the maximum runoff of the spring flood in the Southern Bug Basin.

It revealed that in the Southern Bug Basin performed calculations for small rivers, streams, and gullies is quite problematic for any calculation formulas because they have

no hydrometric data time series. In addition, there are difficulties with the calculations in the forest and steppe zones of the basin because of the insufficient density of the network of the data time series, which also complicates the calculations and reduces their reliability.

Key words: maximum flow, spring floods, Southern Buh River, homogeneity, stationarity, cyclic oscillations, Indicators of Hydrologic Alteration, reduction formula, statistical indicators

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації

1. Khrystiuk B., Gorbachova L., Prykhodkina V. Faceted classification of the spring flood hydrographs of the Southern Buh River. *Geografický Časopis*. 2020. Vol. 72(1). P. 71-80. <https://doi.org/10.31577/geogrcas.2020.72.1.04> (Scopus) (Особистий внесок автора – збір та обробка вихідних даних, розрахунки та аналіз результатів).

2. Gorbachova L., Prykhodkina V., Khrystiuk B. Spring Flood Frequency Analysis in the Southern Buh River Basin, Ukraine. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2021. Vol. 30 (2). P. 250-260. <https://doi.org/10.15421/112122> (Web of Science) (Особистий внесок автора – розрахунки, узагальнення та аналіз результатів).

3. Горбачова Л. О., Приходькіна В. С., Христюк Б. Ф., Заболотня Т. О., Розлач В. О. Статистичний аналіз максимального стоку води річки Південний Буг за методом «Indicators of Hydrologic Alteration». *Український гідрометеорологічний журнал*. 2021. № 27. С. 42-54. <https://doi.org/10.31481/uhmj.27.2021.05> (Особистий внесок автора – збір та обробка вихідних даних, розрахунки, узагальнення та аналіз результатів)

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

4. Христюк Б.Ф., Горбачова Л.О., *Приходькіна В.С.* Фасетна класифікація гідрографів весняної повені річки Південний Буг. Тези доповідей VII Всеукраїнської наукової конференції «Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія», присвяченої 100-річчю від дня заснування Національної академії наук України, 13-14 листопада 2018, м. Київ. К.: Ніка-Центр. 2018. С. 26-27. (Особистий внесок автора – збір та обробка вихідних даних, розрахунки та аналіз результатів)

5. Горбачова Л.О., Христюк Б.Ф., *Приходькіна В.С.*, Заболотня Т.О., Липкань О.А. Розрахунки максимальних витрат води весняної повені і паводків холодного періоду року річок України за відсутності даних гідрометричних вимірювань. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Рельєф, клімат та поверхневі води як об'єкти природничо-географічних досліджень (до 70-річчя кафедр землезнавства та геоморфології, метеорології та кліматології, гідрології та гідроекології)», 2-4 жовтня 2019 р., Київ. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2019. № 3(54). С. 37-38. (Особистий внесок автора – збір та обробка вихідних даних, розрахунки та аналіз результатів для басейну р. Південний Буг).

6. Горбачова Л.О., Христюк Б.Ф., *Приходькіна В.С.* Оновлення параметрів редуційної формули для розрахунків максимального стоку весняної повені в басейні р. Південний Буг та річок Причорномор'я. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Річки та лимани Причорномор'я на початку XXI сторіччя», 17-18 жовтня, Одеса. ОДЕКУ. Одеса: ТЕС, 2019. Р. 40-42. (Особистий внесок автора – збір та обробка вихідних даних, розрахунки, узагальнення та аналіз результатів).

7. Gorbachova L., Khrystiuk B., *Prykhodkina V.* The design snow-rain flood estimation at ungauged sites in the Tysa River Basin, Ukraine. Book of abstracts the XXVIII conference of the Danube countries on hydrological forecasting and hydrological foundations of water resources management. Kyiv, Ukraine, November 6-8, 2019. Kyiv:

Nika-Center, 2019. P. 14. (Особистий внесок автора – розрахунки, узагальнення та аналіз результатів).

8. *Приходькіна В.С.* Сучасні ймовірнісні характеристики максимального стоку весняної повені у басейні річки Південний Буг. Матеріали IV-го Всеукраїнського пленеру з питань природничих наук. 19 червня 2020 р., Одеса, С. 66-68.

9. Gorbachova L., Khrystiuk B., *Prykhodkina V.* Cyclicity and periodicity of water runoff of the Southern Buh River and the possibility of its forecasting by the α method. Abstracts Book of the International Research-to-Practice Conference «Climate Services: Science and Education», Odessa, Ukraine, September 22-24, 2021. С. 21-22. (Особистий внесок автора – розрахунки, узагальнення та аналіз результатів).