

Восстановление стока воды на гидрологических постах реки Днестр с целью изучения его долгопериодных колебаний

Мудра К.В.

Осуществлено восстановление значений среднегодовых, максимальных и минимальных (летний и зимний минимум) расходов воды в бассейне реки Днестр на основе статистических методов с использованием регрессионного анализа. Оценена однородность восстановленных (удлиненных) рядов наблюдений, построено суммарные интегральные кривые для проверки достоверности полученных результатов.

Ключевые слова: *сток воды, восстановление данных, однородность, гидрологический пост, Днестр.*

Recovery of water flow at the hydrological gauging stations of the Dniester River with the aim of further studying its long-period fluctuations

Mudra K.

To improve the accuracy of hydrological calculations was extended series of hydrological data to long-term period and recovery gaps on hydrological gauging stations in Dniester basin.

The recovery done for values of average, maximum and minimum water flow in the Dniester basin based on statistical methods using regression analysis method (station-analog). Adjacent stream gauge was served as analogues for further recovery, this gauge is fully justified and meets guidelines for their selection (synchronization fluctuations in flow, correlation coefficient $\geq 0,7$; ratio of $K / \sigma \geq 2$).

There are no data for the period of military events and in years with reorganization of the hydrological network in the Dniester river basin - Halych, Zalishchyky, Bendery and Rozvadiv. The longest observation period has Bendery gauge, the first restoration carried out according to him.

Total was received 20 graphic, only 10 of them was used for further recovery. However, you can not always make a full data recovery. Complete recovery we done by using meteorological information. Was used data of average rainfall in the Dniester basin (only for average values of water discharge).

In total, the studies for the four gauges on the Dniester River was recovery data for 63 years for the average annual water discharge, for 27 for maximum and for 58 and 59 years for the minimum discharge of summer and winter, respectively.

Also was assessed homogeneity of restored observations data, total integral curves was make for testing the validity of the results. The allow results recommend to use calculated water discharge for practical calculations.

Keywords: *water flow, data recovery, homogeneity, hydrological gauging station, Dniester River.*

Надійшла до редколегії 15.04.2017

УДК 556.5.048

Корнієнко В. О., Лук'янець О. І.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ

РОЗРАХУНКОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАКСИМАЛЬНОГО РІЧНОГО СТОКУ ВОДИ РІЧОК ПРАВОБЕРЕЖЖЯ ПРИП'ЯТІ

Ключові слова: *максимальний стік води, річки правобережжя Прип'яті, розрахункові характеристики стоку води, забезпеченість, перехідні модульні коефіцієнти.*

Вступ. Максимальний стік річок, як один з проявів фаз гідрологічного циклу, займає особливе місце у практичному використанні його розрахункових характеристик при проектуванні та експлуатації гідротехнічних споруд за умов регулювання стоку, здійснення заходів по захисту від водної стихії населених пунктів, промислових і сільськогосподарських об'єктів. Саме ці питання нарізі є *актуальними* і складають головний зміст проведеного дослідження [2, 5].

Метою роботи є аналіз, систематизація розрахункових характеристик максимального за рік стоку річок правобережжя Прип'яті та їх узагальнення, перевірна оцінка запропонованої розрахункової схеми та висновки щодо її

застосування для річок досліджуваної території, навіть тих, що невивчені в гідрологічному відношенні.

Виклад основного матеріалу дослідження. Басейн річки Прип'ять знаходиться в межах двох країн України та Білорусі. На українську частину басейну припадає 65150 км² (57% від загальної площі водозбору). Це в основному басейни правобережних приток, Вижівка, Турія, Стохід, Стир, Горинь, Уборть [6].

Основними фазами водного режиму правобережжя Прип'яті є весняне водопілля, літньо-осіння та зимова межень, а також характерною особливістю досліджуваного басейну є формування дощових паводків [3, 6, 7].

Найбагатководнішими в басейні Правобережжя Прип'яті – її великі притоки Стир, Горинь, Случ, середній річний стік води яких у замикальних створах (відповідно, біля с. Млинок, с. Деражне, м. Сарни) становить від 42 до 52 м³/с. Середній багаторічний модуль стоку води для досліджуваної території складає 4 л/с·км², найбільший 6, а найменший – 2 л/с·км² [6].

Щодо максимального річного стіку води для річок Правобережжя Прип'яті, в переважній більшості він спостерігається у періоди весняного водопілля (максимальні витрати дощових паводків не перевищують максимуми, які формуються під час водопілля). Вивчення та розрахунки максимального стоку мають важливе значення при проектуванні та будівництві низки споруд. Особливо важливі значення максимальних витрат води 0,1 % та 1 % забезпеченості.

На українській території діє 29 гідрологічних постів гідрометеорологічної служби. При виконанні роботи використані дані спостережень за витратами води з 26 з часовими рядами тривалістю 50-70 років – від початку спостережень до 2014 р. включно. На гідрологічних постах р. Стир – с. Колки та р. Горинь – с. Дубровиця вимірюються лише рівні води, на р. Іква – Млинівська ГЕС стік зарегульований, тому в досліджені дані спостережень з них не використано [4, 8, 10].

Із загальної їх кількості 12 постів охоплюють площі водозборів до 1000 км², 14 постів – від 1000 до 10000 км² та 3 пости – понад 10 000 км².

Максимальний багаторічний модуль стоку для досліджуваної території складає 35 л/с·км², найбільше його значення 80,8 л/с·км² (р. Тня – с. Броніки), а найменше – 13,0 л/с·км² (р. Прип'ять – с. Люб'язь).

Коефіцієнти варіації C_v максимального за рік стоку води для річок басейну Прип'яті в межах України знаходяться в межах 0,56 ÷ 1,02. Середнє значення складає $C_v = 0,77$, що показує мінливість з року в рік максимальних річних витрат води на досліджуваних річках, в межах приблизно ± 80% від норми водного стоку.

Коефіцієнти асиметрії C_s мають невисокі додатні значення (від 0,63 р. Смілка – с. Сусли, до 3,38 – р. Горинь – м. Ямпіль), тобто для максимальних річних витрат води характерна асиметричність у їх багаторічному розподілі з переважанням в рядах стокових характеристик річок значень менше їх норми. Середнє значення C_s для річок Правобережжя Прип'яті складає 1,56, а узагальнене співвідношення $C_s/C_v \approx 1,98$, що свідчить про помірно-асиметричний розподіл у послідовностях максимальних річних витрат води досліджуваних річок.

В практиці гідрологічних розрахунків значний інтерес має уявлення про розподіл досліджуваної стокової характеристики в певному діапазоні забезпеченостей та можливості узагальнення перехідних модульних коефіцієнтів від норми максимальних річних витрат води до їх величин інших забезпеченостей [5, 8]. Якщо таке узагальнення можливе, тоді можна давати в певних межах точності інформацію про досліджувану стокову характеристику та її розподіл для будь-якої річки, в нашому випадку, для території правобережної частини Прип'яті, і навіть тій, що невивчена в гідрологічному відношенні.

У зв'язку з тим, що для максимального стоку води річок правобережжя Прип'яті середнє значення C_v складає 0,77, по всім досліджуваним постам ординати аналітичних кривих розподілу в діапазоні забезпеченостей від 0,01 до 50 %% розраховано за методом найбільшої правдоподібності [4].

Для узагальнення розподілу максимальних річних витрат води для річок Прип'яті в межах України побудовано залежність між багаторічними значеннями максимальних за рік витрат води річок та їх розрахованими значеннями 50%-ої забезпеченості. Як бачимо з рис.1, апроксимація між вказаними значеннями витрат води значна і складає $R^2 = 0,99$. Досить значимими виявилися зв'язки й між розрахованими значеннями максимальних річних витрат води 50%-ої забезпеченості та їх значеннями інших заданих забезпеченостей $p = 0,01, 0,1, 1, 3, 5, 10, 25$ %% . Коефіцієнти парної кореляції r змінюються в межах $0,98 \div 0,998$. Чим ближче розраховані значення максимальних річних витрат води інших забезпеченостей знаходяться до їх значень 50%-ої забезпеченості, тим коефіцієнти парної кореляції вищі.

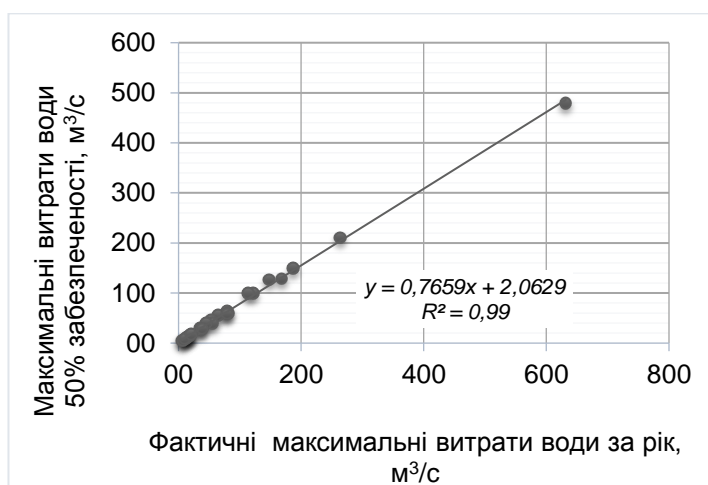


Рис. 1. Залежність між багаторічними значеннями максимальних за рік витрат річок правобережжя Прип'яті та їх розрахованими значеннями 50%-ої забезпеченості

Аналіз ординат аналітичних кривих розподілу заданих ймовірностей перевищення для максимального річного стоку досліджуваних річок правобережжя Прип'яті показав, що вони змінюються в у вузьких межах. Це дало змогу провести узагальнення розподілу максимального стоку води для досліджуваної території. Для такої оцінки проведено осереднення ординат аналітичних кривих розподілу і, таким чином, отримано перехідні коефіцієнти K_p від норми досліджуваних максимальних показників води до їх величин забезпеченостей $p = 0,01, 0,1, 1, 3, 5, 10, 25$ %% (табл. 1). Дані про значення цих коефіцієнтів дозволяють перейти від норм максимальних річних витрат води до їх значень заданих заезпеченостей за формулою:

$$Q_{p\%} = k_p \cdot \bar{Q}, \quad (1)$$

де $Q_{p\%}$ - максимальні річні витрати води заданих забезпеченостей $p\%$, \bar{Q} - норми максимальних за рік витрат води.

Для подальшої перевірки розрахункової схеми визначено ймовірні відхилення $\delta_{Kp\%}$ в значеннях перехідних коефіцієнтів заданих забезпеченостей, які розраховано за формулою:

$$\delta_{Kp\%} = \pm 0,842 \cdot \sigma_{Kp\%} \quad (2)$$

де $\sigma_{Kp\%}$ – середнє квадратичне відхилення перехідних коефіцієнтів для заданих ймовірностей перевищення, $\pm 0,842$ – коефіцієнт ймовірного відхилення (у межах 20-80% від середнього квадратичного відхилення) [1] (табл. 1).

Таблиця 1. Перехідні коефіцієнти K_p від максимальних за рік витрат води (норм стоку) до їх величин інших забезпеченостей для річок Правобережжя Прип'яті

Ймовірність перевищення (забезпеченість), %							
0,01	0,10	1	3	5	10	25	50
Середнє значення перехідних коефіцієнтів k_p							
8,41	6,10	3,86	2,92	2,51	1,97	1,30	0,79
Середнє квадратичне відхилення у значеннях перехідних коефіцієнтів, σ_{kp}							
2,40	1,14	0,45	0,24	0,16	0,09	0,04	0,03

Перевірочні оцінки розрахункових максимальних річних витрат води заданих забезпеченостей $Q_{p\%}$ для вивчених річок правобережжя Прип'яті проведено порівнянням значень витрат води заданих забезпеченостей, розрахованим за методом найбільшої правдоподібності та за осередненими перехідними коефіцієнтами $K_{p\%}$ від норми стоку води \bar{Q} в межах ймовірного відхилення $\pm \delta_{Kp\%}$:

$$Q_{p\%} = \bar{Q} \cdot (K_{p\%} \pm \delta_{Kp\%}) \quad (3)$$

Ефективність запропонованої розрахункової схеми оцінена через забезпеченість ймовірного відхилення перевірочних оцінок ε [1, 8], яка визначалась за формулою:

$$\varepsilon = m/N \cdot 100\% \quad (4)$$

де m - кількість випадків потрапляння максимальних за рік витрат води заданих забезпеченостей в межі ймовірного відхилення $\pm \delta_{Kp\%}$, N - загальна кількість випадків перевірки.

Загалом, для максимального річного стоку води справджуваність перевірочної оцінки є доброю та задовільною (табл. 2), що дає можливість використовувати запроповану розрахункову схему для визначення максимального за рік стоку для вивчених річок Правобережжя Прип'яті за перехідними коефіцієнтами від норми стоку води в межах ймовірного відхилення.

Таблиця 2. Забезпеченість ймовірного відхилення перевірочних оцінок максимальних річних витрат води заданих забезпеченостей за узагальненими перехідними коефіцієнтами от норми стоку води для річок Правобережжя Прип'яті

Ймовірність перевищення (забезпеченість), %							
0,01	0,10	1,00	3,00	5,00	10	25	50
Справджуваність перевірочної оцінки за забезпеченістю ймовірного відхилення, ε %							
69	73	80	84	84	84	88	88

Аналіз стокових характеристик для досліджуваної території виявив відомі закономірності про те, що зі збільшенням площі водозборів максимальні витрати води ($\text{м}^3/\text{с}$) збільшуються, а модулі максимального стоку ($\text{л}/\text{с}\cdot\text{км}^2$) мають тенденцію до зменшення (рис. 2).

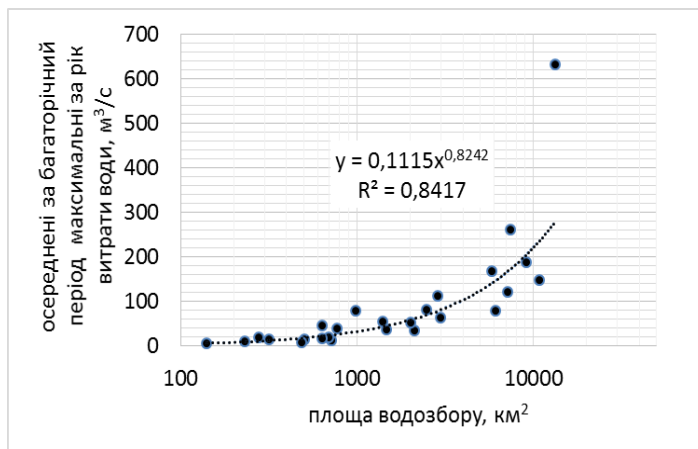


Рис. 2. Залежність максимальних за рік витрат води річок правобережжя Прип'яті в межах України від площі їх басейнів

Тому для маловивчених та невивчених річок правобережної частини Прип'яті норми максимальних витрат води можуть бути визначені за залежністю від площі водозбору, яка є значимою з кореляційним відношенням 0,92.

Висновок. Запропонована розрахункова схема розподілу максимальних річних стокових характеристик за допомогою узагальнених перехідних коефіцієнтів від їх норми до величин інших забезпеченостей прийнятна для вивчених річок басейну Правобережжя Прип'яті.

Для маловивчених та невивчених річок в межах території правобережжя Прип'яті запропоновано використовувати залежність норм максимальних річних витрат води від площі їх водозборів. Отримані ступеневі залежності мають високі кореляційні відношення. Отже, знаючи площу водозбору невивченої річки, отримуємо за відповідним рівнянням норму досліджуваної стокової характеристики та її розподіл в певному діапазоні забезпеченостей за узагальненими перехідними коефіцієнтами в межах допустимої точності.

Список літератури

1. Бефани Н.Ф. Упражнения и методологические разработки по гидрологическим прогнозам / Н.Ф. Бефани, Г. П. Калинин. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – С. 5-18.
2. Гидрологические и водно-балансовые расчеты/ Под ред Н.Г. Галущенко. – К.: Вища школа., 1987– С . 56-92.
3. 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.
4. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Математичні методи в гідрометеорології» / Упорядник О.І. Лук'янець. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2010. – 60с.
5. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсу „Річковий стік та гідрологічні розрахунки” / Упорядник С.С.Дубняк. – К.: ВПЦ „Київський університет”, 2005. – 48 с.
6. Мониторинг, использование и управление водными ресурсами бассейна р. Припять / [Апацкий А.Н., Афанасьев С.А., Бабич Н.Я. и др.]; под ред. М.Ю. Калинина и А.Г. Ободовского. – Мн.: Белсенс, 2003. – 269 с.
7. Москаленко С.О. Гідрометеорологічні умови та багаторічні характеристики дощового паводків на річках Правобережжя Прип'яті / С.О. Москаленко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т. 18. – С. 125 – 133.
8. Рождественский А.В. Статистические методы в гидрологии / А.В.Рождественский, А.И.Чеботарев. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – С. 257–316.

Розрахункові характеристики максимального річного стоку води річок правобережжя Прип'яті

Корнієнко В. О., Лук'янець О.І.

У статті наведено аналіз, систематизація розрахункових характеристик максимального річного стоку річок правобережжя Прип'яті та їх узагальнення, Проведена перевірна оцінка запропонованої розрахункової схеми та зроблено висновки щодо її застосування для річок досліджуваної території, навіть тих, що невивчені в гідрологічному відношенні.

Ключові слова: максимальний стік води, річки правобережжя Прип'яті, розрахункові характеристики стоку води, забезпеченість, перехідні модульні коефіцієнти.

Расчетные характеристики максимального годового стока воды рек правобережья Припяти

Корниенко В.А., Лукьянец О.И.

В статье приведен анализ, систематизация расчетных характеристик максимального годового стока рек правобережья Припяти и их обобщение. Проведена проверочная оценка предложенной расчетной схемы и сделаны выводы по ее применению для рек исследуемой территории, даже тех, что неизученные в гидрологическом отношении.

Ключевые слова: максимальный сток воды, реки правобережья Припяти, расчетные характеристики стока воды, обеспеченность, переходные модульные коэффициенты.

**Estimated characteristics of the maximum annual runoff of rivers right bank of the Pripyat
Korniienko V., Lukyanets O.**

The article presents the analysis, systematization of the calculation characteristics of the maximum annual flow of the rivers of the right bank of the Pripyat and their generalization. A verification assessment of the proposed calculation scheme was carried out and conclusions were drawn about its application for the rivers of the investigated area, even those not studied in hydrological terms.

The proposed calculation scheme for the distribution of maximum annual flow characteristics using transitional coefficients from their norm to the values of other security is acceptable for studied rivers in right bank the of Pripyat. For poorly-studied and unexplored rivers within the territory of the right bank of the Pripyat it is proposed to use the dependence of the norms of maximum annual water consumption from the area of their catchment areas. The obtained degree dependences have high correlation relations. Thus, knowing the area of the catchment of the unexplored river, we obtain, according to the corresponding equation, the norm of the investigated drainage characteristic and its distribution in a certain range of assurances by the generalized transition coefficients within the limits of acceptable accuracy.

Keywords: maximum water drainage, rivers right bank of Pripyat, estimated characteristics of drainage water, provision, transitional modular coefficients.

Надійшла до редколегії 28.04.2017

УДК:551.583.1+556:[12;047;535]

Рахматулліна Е.Р., Гребінь В.В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, м. Київ

АНАЛІЗ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМІЧНОГО ТА ЛЬДОВОГО РЕЖИМУ РІЧОК БАСЕЙНУ ПІВДЕННОГО БУГУ З ТЕМПЕРАТУРОЮ ПОВІТРЯ

Ключові слова: термічний режим, льодовий режим, розрахункові залежності, методика оцінки.

Вступ. Клімат Землі протягом останніх десятиріч ХХ, на початку ХХІ сторіччя відчуває значні зміни, які найбільш чітко проявляються у підвищенні температури приземного шару повітря – основної характеристики клімату Землі. Гідрологічний режим річок є достатньо чутливим до кліматичних змін, особливо це стосується термічного та льодового режиму річок в зимовий період.