

характеристик. – Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 448 с. 4. *Гопцій М.В.*, Про недоліки структурної бази нормативного документу СНиП 2.01.14-83 / *М.В. Гопцій, Є.Д. Гопченко* // Вісник ОДЕКУ. – 2009. – Вип. 8. – С. 209-213.

Методика розрахунку максимального стоку дощових паводків на річках Прикарпаття

Гопцій М.В., Гопченко Є.Д.

Запропонована методика для розрахунку максимального стоку дощових паводків на річках Прикарпаття. Вона дозволяє врахувати вплив стокоформуючих факторів, виключити деякі недоліки в діючій в Україні нормативній базі даної галузі.

Ключові слова: *максимальний стік, дощові паводки, тривалість притоку, фактори постільної поверхні.*

Методика расчета максимального стока дождевых паводков на реках Прикарпатья

Гопцій М.В., Гопченко Є.Д.

Предложена методика для расчета максимального стока дождевых паводков для рек Прикарпатья. Она позволяет учесть влияние стокоформирующих факторов, исключить некоторые недостатки в действующей в Украине нормативной базе данной отрасли.

Ключевые слова: *максимальный сток, дождевые паводки, продолжительность притока, факторы подстилающей поверхности.*

Method of calculation of maximal flow of rain floods on the rivers of Prikarpat'ya

Goptsiy M., Gopchenko E.

A method is offered for the calculation of maximal flow of rain floods for the rivers of Prikarpat'ya. It allows to take into account influence of forming a flow factors, eliminate some failings in the operating in Ukraine normative base of given grew.

Keywords: *maximal flow, rain floods, duration of influx, factors of laying surface.*

Надійшла до редколегії 17.10.2011

УДК 556.166 + 556.537+911.3:504.4.054

Явкін В.Г., Мельник А.А.

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

ОЦІНКА МОДУЛІВ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ В БАСЕЙНАХ ПОДІЛЬСЬКИХ ПРИТОК ДНІСТРА ЗА ПОДОВЖЕНИМИ РЯДАМИ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

Ключові слова: *максимальний стік, однорідність рядів, закони розподілу*

Вступ. Розрахунку максимальних витрат води на річках, як одному із найбільш важливих питань при проектуванні гідротехнічних споруд, завжди приділяється велика увага.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.3(24)

При наявності багатолітніх рядів гідрометричних спостережень для виявлення максимальних витрат води різної ймовірності перевищення використовуються методи математичної статистики [6, 9, 10]

Аналіз кривих забезпеченості максимальних витрат на річках України наведено у довідкових виданнях, зокрема «Ресурсах поверхневих вод» 1966-1971 рр. видання. Результатами цих досліджень користуються інженери-гідрологи, проектувальники, науковці та ін. Проте, тривалість рядів спостережень за максимальним стоком води для більшої частини гідрологічних постів збільшилась з часу видання довідників у два і більше разів [3].

Статистичний аналіз в опублікованих дослідженнях ґрунтується на матеріалах спостережень за щорічними максимальними витратами до початку тривалої фази підвищення або пониження водності річок (наприклад [8]), тоді як протягом 1980–2010 рр. відбулося порушення стаціонарності гідрологічних рядів. Аналіз тривалих часових рядів за максимальним стоком річок України та інших країн вказує на те, що з 80-х років минулого століття виникають ознаки тренду різного знаку, тобто спостерігається зростання чи зменшення максимальної витрати води особливо в області малих ймовірностей [1, 3].

Збільшення тривалості рядів спостережень сьогодні потребує перерахунку, узагальнення та експертної оцінки параметрів гідрологічних характеристик.

Аналіз попередніх досліджень. Сучасні напрями в дослідженні максимального дощового стоку як правило спираються на багатолітні спостереження за гідрологічними характеристиками по окремим регіонам і виявлення розрахункових гідрологічних характеристик при наявності чи відсутності даних гідрометричних спостережень в пункті проектування [12, 13]. При відсутності спостережень використовується побудова регресійних регіональних моделей розрахунку максимального модуля стоку з використанням гідрографічних характеристик водозборів. Найбільш перспективними є формула операторного типу [2]. Близькі за побудовою структури формул із відповідними регіональними залежностями є досить ефективними і дозволяють визначати розрахункові характеристики максимального стоку при відсутності спостережень із похибкою 25% проте їх ефективність суттєво підвищиться з побудовою оновлених карт модуля максимального стоку 1% забезпеченості [7]. Останній є опорним предиктором моделі операторного типу [1].

Викладення основного матеріалу. Статистичні параметри багатолітнього режиму річкового стоку в залежності від завдань інженерної гідрології прийнято розглядати за середніми, максимальними чи мінімальними річними витратами. Іноді слушно, особливо в задачах просторової оцінки формування статистичних параметрів стоку використовувати суміжні територіальні ознаки. Тоді, пошуки географічного розподілу статистичних критеріїв зручно порівнювати в кількох видах гідрологічного режиму. Достовірність критеріїв часового розподілу

щорічних максимальних витрат води в басейнах подільських приток Дністра в роботі порівнюють із статистичними характеристиками рядів середньорічного стоку.

Репрезентативність періодів спостереження за максимальним чи середньорічним стоком оцінюється не тільки порівнянням норм з річкою-аналогом але коефіцієнтами варіації і асиметрії. Тобто, в якості репрезентативних приймаються короткі періоди, що мають з річкою-аналогом близькі до багатолітніх параметри стоку. Отже, просторовий розподіл коефіцієнтів варіації та асиметрії підсилює інформаційну базу нормативних розрахунків. Розрахована забезпеченість є репрезентативною, якщо статистичні параметри кривої розподілу заданого створу близькі до ймовірних характеристик створу з повноцінним рядом.

При використанні відомих математичних моделей (методи моментів, найбільшої правдоподібності і графоаналітичного) наприклад програми (StokStat 1.2) [6], найкраще співпадіння обох кривих досягається при використанні графоаналітичного способу Г.О. Алексеева за допомогою трьох опорних ординат – $X_{5\%}$, $X_{50\%}$, $X_{95\%}$, що зняті з емпіричної кривої [15]. Проте, в останньому випадку при деяких співвідношеннях C_s до C_v апроксимація попадає в область від'ємних значень, що протирічить природі процесу. За виключенням специфіки статистичних розподілів багатолітніх рядів спостережень за дощовими максимумами в гірських басейнах доцільно використовувати метод Крицького-Менкеля, що виводить функцію розподілу Пірсона III типу в область виключно додатніх значень [11, 13].

Використання програм вимагає суттєвих практичних навичок в апроксимації, гармонізації додатніх та від'ємних відхилень в області максимальних витрат рідкої повторюваності, що дозволяє зменшити небезпеку суб'єктивізму в процесі екстраполяції емпіричної кривої максимальної витрати в області рідкої повторюваності (0,5-1-2%, тощо) [15].

Надійність та економічна доцільність гідротехнічних споруд, для побудови яких розраховуються ймовірність виникнення максимальної витрати, не залежить від генезису самого паводку, тобто для території, де прояви щорічної максимальної витрати можуть бути снігового чи дощового походження, коректним, на наш погляд, є використання всієї загальної сукупності максимальних витрат багатолітнього ряду спостережень. Тоді виникає очікуване зростання ймовірної щорічної витрати.

Подовжені ряди спостережень суттєво підвищують модулі максимальних витрат розрахункових забезпеченостей в регіоні. Суттєва деталізація в порівнянні з попередніми публікаціями, занадто генералізованих даних помітно диференціює розподіл максимального стоку південного схилу Поділля. Виникають специфічні ареали підвищення максимального модуля над умовно середнім за площею в верхів'ях Коропця та, особливо потужний, у верхів'ях Ушиці та Калюса. Деяко нижчими, чим відомі з попередніх публікацій, стали модулі максимуму в басейнах Серету, Нічлави, Збруча.

Статистичні ознаки існування чи відсутності часового тренду у водному режимі річок регіону доцільно виявити у двох характеристиках водного

режиму: середньої та максимальної річної витрати. Мінімальна, за попередніми оцінками зберігає ознаки стаціонарного процесу. Тому ймовірний прояв тренду часового статистичного розподілу розглянуто для середньорічного та максимального стоку.

Під час досліджень розраховано кореляційні зв'язки, міжрядну та внутрішньорядну однорідність гідрологічних рядів, що свідчить про змінність чи незмінність умов формування гідрологічних характеристик. Порушення таких умов призводить до порушення однорідності рядів [4, 10].

При аналізі використано параметричні та непараметричні критерії оцінки однорідності, а зокрема критерій Фішера, Стьюдента та Вілкоксона.

В аналізі даних спостережень за максимальним паводковим стоком використанні щорічні значення по 25 гідрометричним створам на річках подільських приток Дністра. Період, за який здійснювались дослідження для більшості водозборів, охоплює 1950-2000 рр., для деяких гідростворів час спостереження становить 1940-2000 рр.

Розрахунками емпіричних та аналітичних кривих розподілу максимальних витрат води визначено просторові особливості коефіцієнтів варіації C_v та асиметрії C_s окремими водозборами регіону (рис. 1). Коефіцієнти варіації збільшуються до центральної частини території (1,0 – 1,2) та на північний захід території (1,2–1,4). Найвище значення $C_v = 2,35$ для р. Коропець – м. Підгайці, що відповідає просторовим особливостям розподілу інтенсивності та суми опадів в інтервалі малих ймовірностей перевищення.

Значення коефіцієнтів асиметрії найбільші в центральній частині (1,4 – 2,0) і на північному заході території (2,4 – 4,0). Найвище значення $C_s = 6,54$ для р. Коропець - м. Підгайці.

За характеристику максимального стоку прийнято модулі максимальних витрат 1% ймовірності перевищення, що приведені до площі 200 км². Це зроблено з метою мати можливість оцінювати максимальний стік у просторовому поданні, оскільки максимальні витрати води зазнають редукації по площі. Розрахунки зроблені за відомою формулою [10]:

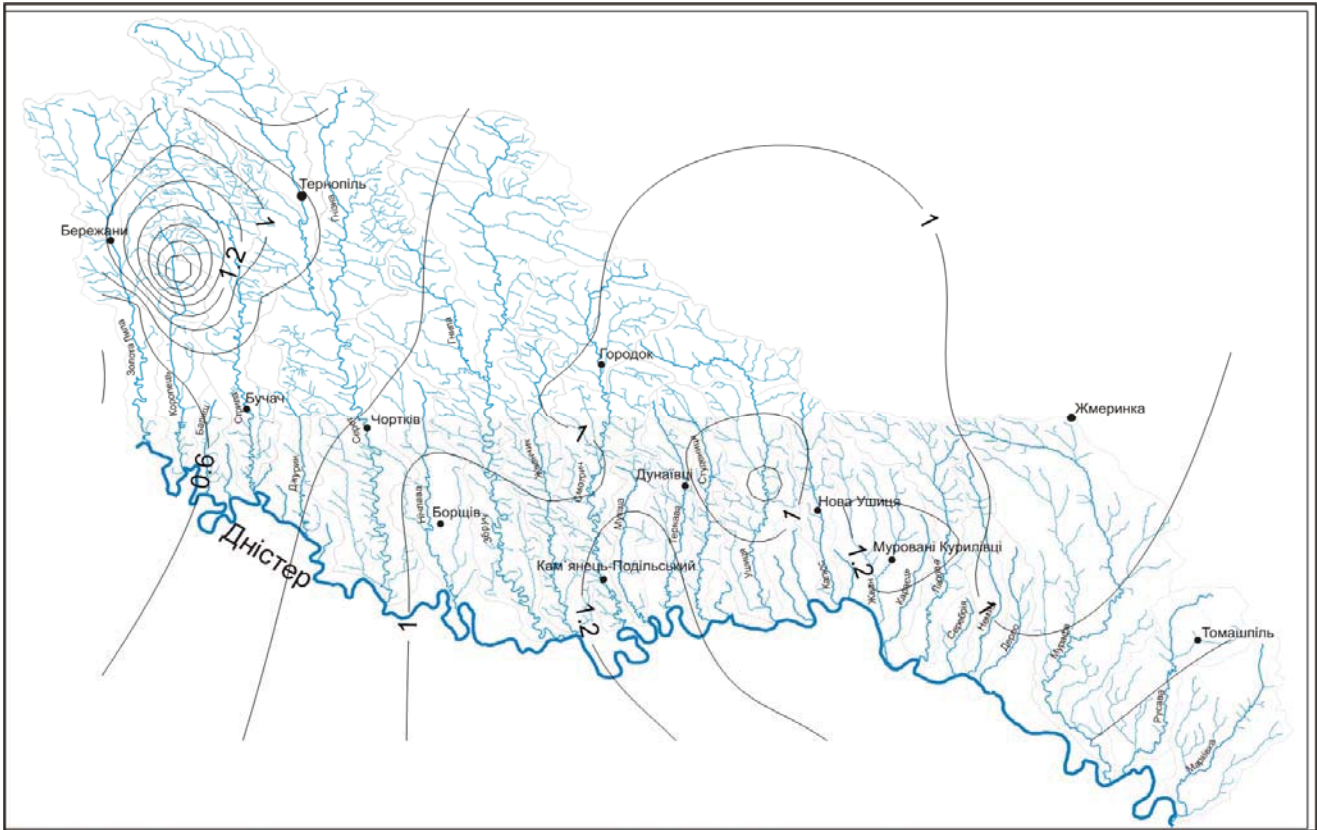
$$M_{200} = M / (200 / F)^n, \quad (1)$$

де M - модуль максимальної витрати ймовірності перевищення p ; M_{200} - модуль ймовірності перевищення p , приведений до площі 200 км²; F - площа водозбору, км²; n - показник редукації.

Для виявлення ступеня редукації модуля максимальної витрати води n побудовано графік зв'язку між середніми модулями максимальних витрат води і площею водозбору. Показник ступеня редукації по території змінюється в межах 0,39 – 0,4.

За даними модулів максимальних витрат 1% ймовірності перевищення, приведених до площі 200 км² побудовано карту ізоліній (рис.2).

А.



Б.

Б.

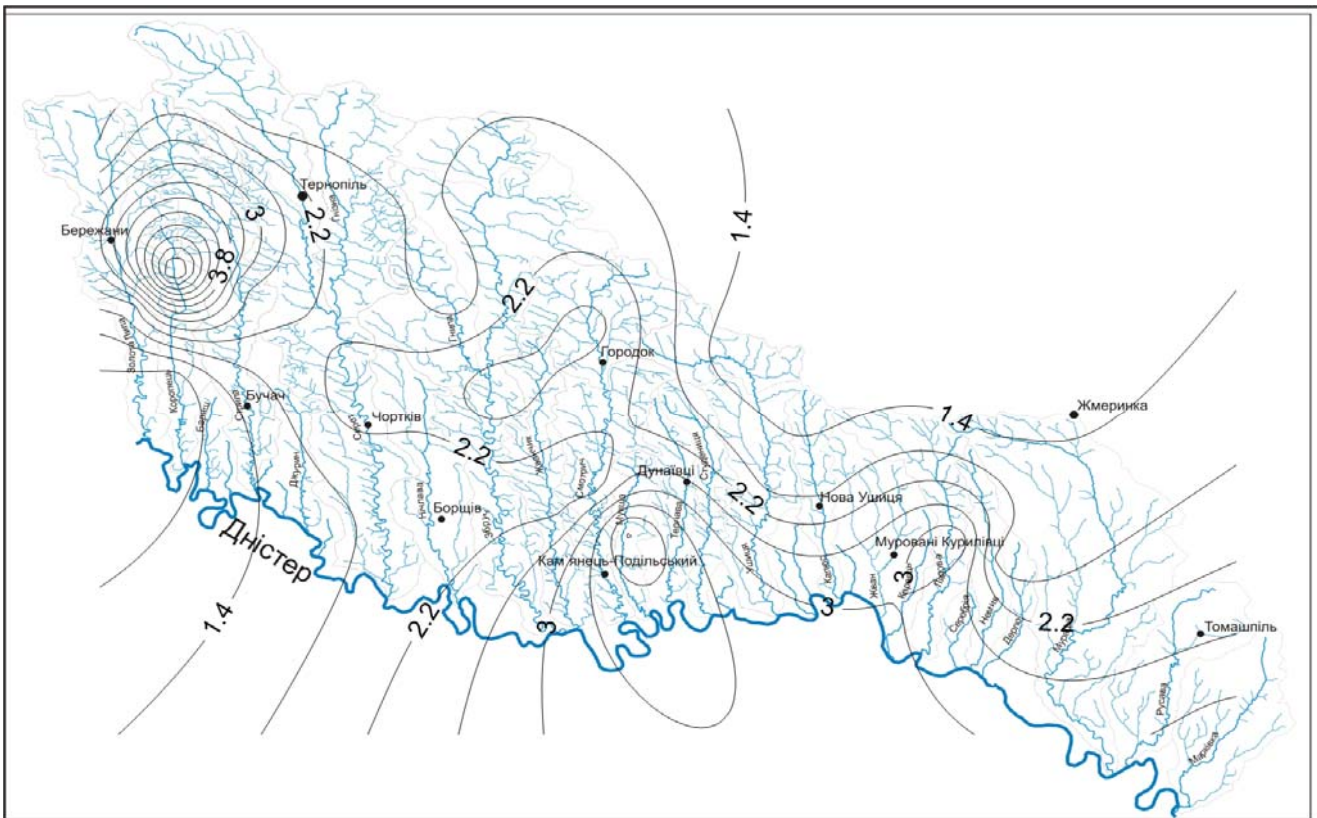


Рис.1. Розподіл коефіцієнтів варіації C_v (А) та асиметрії C_s (Б) в басейнах лівобережних приток Дністра на Поділлі

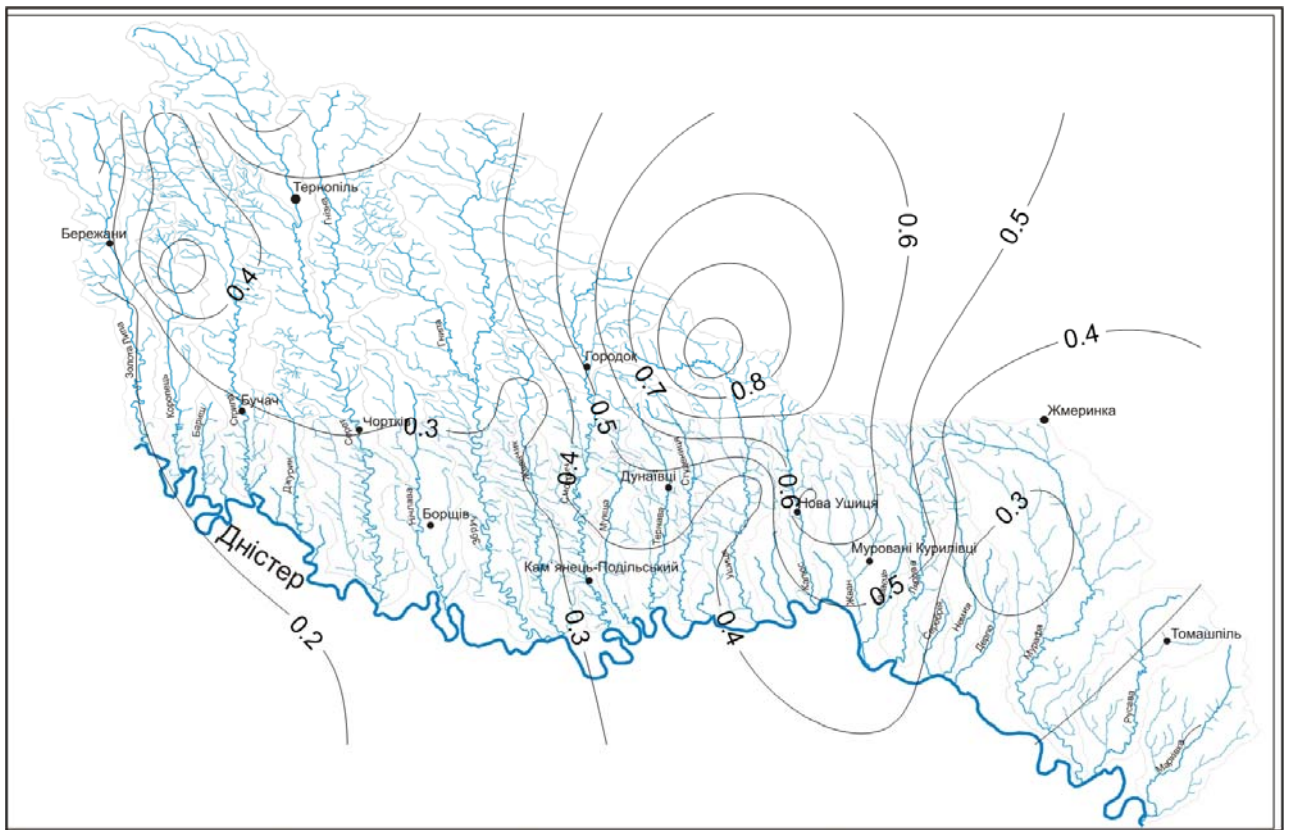


Рис.2. Модулі максимальних витрат води ($\text{м}^3/\text{с км}^2$) в басейнах лівобережних приток Дністра на Поділлі за ймовірності перевищення 1%, приведені до площі 200 км^2

Модулі максимального стоку річок 1% ймовірності перевищення коливаються в широких межах. Найбільші значення характерні для центральної частини досліджуваної території, зокрема для р. Ушиця–с. Зіньків $M_{200} 1\%$ складає 0,99 та р. Калюс–сmt. Нова Ушиця $M_{200} 1\%$ – 0.72. На захід та схід території модулі максимальних витрат знижуються, причому найнижчі показники на заході території 0,13 – 0,16.

Значення кореляції середньорічного модуля стоку сусідніх басейнів зменшується з 0,8 – 0,9 на північному заході до 0,5 – 0,6 на південному сході, середнє значення по досліджуваній території становить 0,8. Перевірка на однорідність сусідніх басейнів виявила, що в 4-х випадках з 24 ряди даних не є однорідними, причому 1 випадок, де спостереження аналізувались за гідростворами в межах одного басейну (р. Ушиця–с. Зіньків, р. Ушиця–с.Тимків – $R(\text{кореляція})=0,390$, критерій Фішера $F_{10}=5,027$ при $F_a=3,017$; критерій Стьюдента $t_{10}=3,219$ при $t_a=2,61$; критерій Вількоксона $U_{10}=797$ при $U_1=367,224$, $U_2=788,776$). Найкраща однорідність рядів проявляється за критерієм Фішера (18 гідрологічних рядів з 24) менша по Стьюденту (6 з 24) та Вількоксону (4 з 24).

Аналіз максимальних модулів стоку виявляє дещо інші особливості. Показники парної кореляції в порівнянні зі зв'язками середньорічного стоку загалом є меншими та знижуються з центральної частини регіону (0,7–0,8) на північний захід та південний схід (0,4–0,5). Середнє значення $R=0,6$, більші кореляційні зв'язки характерні для гідропостів, що знаходяться в межах одного басейну. Розрахунок критерія Фішера показав однорідність

гідрологічних рядів у 9 випадках з 23, по критерію Стьюдента в 11 з 23, по критерію Вількоксона в 14 з 23. У 9 випадках спостерігається повна неоднорідність по всім критеріям.

Природно, що модуль середньорічного стоку задає зручну вибірку в басейнах подільських приток Дністра. Критерії Фішера, Стьюдента, Вількоксона знаходяться в межах критичних значень практично за всіма водозборами-сусідами чи тими, що вміщують верхів'я водозбору окремими басейнами.

В співвідношеннях середньорічних модулів стоку редукція за площею найбільш інтенсивно проявляється в центральній частині Поділля в басейнах річок Калюса та Ушиці.

Менш помітна однорідність у формуванні максимальних витрат (особливо 1% забезпеченості) спричинює ефект мозаїчності злив.

Зміни значень коефіцієнтів кореляції з північного заходу на південний схід обумовлені розподілом зволоження –в західній частині південного макросхилу Поділля дощів більше, та поступовим зменшенням проявів карсту з північного заходу на південний схід.

Ознаки критеріїв та парна кореляція дозволяють визначити попередні топологічні ознаки умов формування максимальної витрати. Відмінності між районами, крім природних ознак, дозволяють ввести в критерії районування величини антропогенного навантаження на басейни.

Попередньо розглянуто детерміновані ознаки деформації складової гідрографа антропогенного навантаження в басейні [17].

Зроблена спроба оцінити статистичну внутрішньорядну однорідність гідрологічних рядів, тобто виявити чи суттєво відмічаються антропогенні зміни, що відбувалися в басейнах рік в період так званого зламу інтегральної кривої модуля стоку. В результаті отримано наступні результати: за критерієм Фішера в 44% випадків виявлено неоднорідність рядів, по критерію Стьюдента в 80%, за критерієм Вількоксона в 87%, у 24% випадків спостерігається абсолютна неоднорідність гідрологічних рядів спостережень, причому на постах, що знаходяться у верхів'ях басейнів (р. Золота Липа–м. Бережани, р. Іванчик–с. Кугаївці, р. Смотрич–с. Купин, р. Ушиця–с. Зіньків). Таким чином, можна говорити про те, що існування антропогенного навантаження в даному випадку суттєво впливає на статистичну однорідність гідрологічних рядів даних.

Висновки. В роботі розглянуто особливості формування максимального стоку лівобережних подільських приток Дністра. В пунктах спостережень здійснено розрахунки 1% забезпеченості модулів максимального стоку, включаючи оцінку внутрішньорядної та міжрядної однорідності рядів спостережень.

Порівняльний аналіз, виявляє особливості використання основних законів розподілу ймовірностей максимальної витрати. Оцінено просторові особливості характеристик максимуму цієї території. Наявність коефіцієнтів варіації та асиметрії дозволяє визначати 1% забезпеченість максимальної витрати води при відсутності спостережень.

Матеріали підготовлено для пропозицій до проекту нових нормативних документів з розрахунку максимального стоку.

Список літератури:

1. *Гопченко Є.Д.* Нормирование характеристик максимального стоку в басейні Дніпра / Є.Д.Гопченко, В.А.Овчарук // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія: Мат. 5-ої Всеукр.наук.конф. (Чернівці, 22-24 вересня 2011р.). – Чернівці : Вид-во Чернівецького нац. ун-т, 2011. – С. 34-37.
2. *Гопченко Є.Д.* Нормирование характеристик максимального стока весеннього половоддя на реках Причерноморской низменности / Є.Д. Гопченко. –К. : КНТ, 2005. – 188 с
3. *Горбачова Л.О.* Сучасні параметри кривих забезпеченостей максимальних витрат води весняної повені рівнинних річок України/ Л.О.Горбачова // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія: Мат. 5-ої Всеукр.наук.конф. (Чернівці, 22-24 вересня 2011р.). – Чернівці : Вид-во Чернівецького нац. ун-ту, 2011. – С. 49-52
4. *Гребінь В.В.* Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) / В.В. Гребінь. – К. : Ніка-Центр, 2010. – 316 с.
5. *Иманов Фарда Али* Многолетние колебания максимального стока горных рек / Иманов Фарда Али, Гасанова Наила Иман // Ученые записки Рос. гос. гидрометео. Ун-та. – 2009. – №9. – С. 40–45.
6. *Левыкин Ю.* Программа для расчета статистических характеристик, используемых в гидрологии / Ю.Левыкин. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.geodigital.ru/soft_hydr/StokStat.1.2
7. *Лобанов В.А.* Региональные модели определения характеристик максимального стока в зависимости от гидрографических факторов / В.А.Лобанов, В.Н.Никитин // Метеорология и гидрология. – 2006. – №11. – С. 60–69.
8. *Люттик П.М.* Условия формирования и расчеты паводочного стока рек горной системы Карпат / П.М.Люттик // Труды УкрНИГМИ. – 1983. – Вып. 194. – С. 3–18.
9. *Мельник А.А.* Дослідження антропогенізації басейнів статистичними параметрами / А.А.Мельник, В.Г.Явкін // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія : Мат. 5-ої Всеукр.наук.конф. (Чернівці, 22-24 вересня 2011р.). – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2011. – С.162-164.
10. *Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик.* – Л. : Гидрометеоиздат, 1984. – 448 с.
11. *Рождественский А.В.* Статистические методы в гидрологии / А.В. Рождественский, А.И.Чеботарев. – Л. : Гидрометеоиздат, 1974. – 424 с.
12. *Рождественский А.В.* Новая система гидрологических расчетов для обеспечения строительства и других отраслей экономики России / А.В. Рождественский, И.А. Шикломанов // Метеорология и гидрология. – 2006. – №11. – С. 50-59.
13. *Свод правил по проектированию и строительству.* СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М. : Госстрой России, 2003. – 73 с.
14. *Строительные нормы и правила.* СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 36 с.
15. *Цепенда М.В.* Проблеми та перспективи розвитку обчислювальної (інженерної) гідрології в Україні / М.В.Цепенда // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія: Мат. 5-ої Всеукр.наук.конф. (Чернівці, 22-24 вересня 2011р.). – Чернівці : Вид-во Чернівецького нац. ун-ту, 2011. – С. 271-274.
16. *Шикломанов И.А.* Антропогенные изменения водности рек / И.А.Шикломанов. - Л. : Гидрометеоиздат, 1979. – 302 с.
17. *Явкін В.Г.* Вплив антропогенної перетвореності басейнів подільських приток Дністра на криву спаду паводку / В.Г. Явкін, А.А. Мельник // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. - Т.2(19). –С. 65-73.
18. *Kundzewicz, Z.W., Robson, A.* (2000) Detecting trend and other changes in hydrological data. World Meteorological Organization Report WMO/TD-No 1013, Geneva, May, 2000.

Оцінка модулів максимального стоку в басейнах подільських приток Дністра за подовженими рядами спостережень

Явкін В.Г., Мельник А.А.

В роботі розглянуто особливості формування максимального стоку подільських приток Дністра. В пунктах спостережень розраховано 1% ймовірності перевищення

модулів максимального стоку, а також оцінку внутрішньорядної і міжрядної однорідності рядів спостережень. Проведено порівняльний аналіз можливості використання основних законів розподілу ймовірностей максимальної витрати. Оцінено просторові особливості характеристик максимуму цієї території.

Ключові слова: максимальний стік, однорідність рядів, закони розподілу.

Оценка модулей максимального стока в бассейнах подольских притоков Днестра за удлиненными рядами наблюдений

Явкин В.Г., Мельник А.А.

В работе рассмотрены особенности формирования максимального стока подольских притоков Днестра. В пунктах наблюдений осуществлены расчеты 1% обеспеченности модулей максимального стока, включая оценку внутрирядной и междурядной однородности рядов наблюдений. Проведен сравнительный анализ возможности использования основных законов распределения вероятностей максимального расхода. Оценено пространственные особенности характеристик максимума этой территории.

Ключевые слова: максимальный сток, однородность рядов, законы распределения.

Evaluation modules of maximal flow in the basins of the Dniester tributaries Podolsk for extended series of observations

Yavkin V.G., Melnyk A.A.

In this work the peculiarities of the maximum flow Podolsk tributaries of the Dniester. In the points of observations carried out calculations of 1% of the maximum flow of security modules, including assessment and inter-row vnutriryadnoyi homogeneous series of observations. A comparative analysis of the possibilities of using the basic laws of probability distribution of maximum cost. By spatial features of the characteristics of the peak area.

Keywords: maximum runoff, uniformity of rows, the laws of distribution.

Надійшла до редколегії 14.11.2011

УДК 556.124

Лобода Н.С., Сіренко А.М.

Одеський державний екологічний університет

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ БАГАТОВИМІРНОГО СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ У ГІДРОЛОГІЧНИХ ПРОГНОЗАХ ЛЬДОВИХ ЯВИЩ (НА ПРИКЛАДІ РІЧОК ДНІСТЕР ТА ТІЛІГУЛ)

Ключові слова: прогноз льодових явищ, факторний аналіз, дискримінантний аналіз

Вступ. Процес формування льоду на річках залежить від багатьох факторів. Перш за все, на терміни появи льодових явищ впливають метеорологічні умови (кількість сонячної радіації, теплоємність опадів, швидкість вітру, індекси атмосферної циркуляції тощо). Окрім метеорологічних факторів, на льодоутворення також впливає запас тепла у водоймі, швидкість течії, надходження тепла з

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.3(24)