

УДК 556.166.51

МАКСИМАЛЬНИЙ СТІК ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ І ВЕСНЯНИХ ВОДОПІЛЬ

Гопченко Є.Д. – д.геогр.наук, професор,

Одеський державний екологічний університет

Бурлуцька М.Е. – к.геогр.наук, доцент,

Одеський державний екологічний університет

Романчук М.Є. – канд.геогр.наук, доцент,

Одеський державний екологічний університет

Мартинюк М.О. – студент магістратури кафедри гідрології суші,

Одеський державний екологічний університет

Незважаючи на широке використання характеристик максимального стоку весняних водопіль і дощових паводків, їх визначення в умовах обмежених вихідних даних належить до недостатньо вивчених в теоретичному і практичному відношеннях річок. У сучасних джерелах в Україні нормативних документах використовується багаторічний досвід в області теорії і практики гідрологічних розрахунків, накопичених науково-дослідними інститутами і проектними водогосподарськими установами станом на 1975 рік.

Ключові слова: максимальний стік, дощові паводки, весняне водопілля, умови формування стокових характеристик.

Гопченко Е.Д., Бурлуцкая М.Э., Романчук М.Е., Мартинюк М.О. Максимальный сток дождевых паводков и весенних половодий

Не принимая во внимание широкое использование характеристик максимального стока весенних половодий и дождевых паводков, их определения в условиях ограниченных исходных данных относятся к недостаточно изученным в теоретическом и практическом отношении рек. В современных действующих в Украине нормативных документах используется многолетний опыт в области теории и практики гидрологических расчетов, накопленных научно-исследовательскими институтами и проектными водохозяйственными подразделениями по состоянию до 1975 года.

Ключевые слова: максимальный сток, дождевые паводки, весеннее половодье, условия формирования стоковых характеристик.

Hopchenko Ye.D., Burlutska M.E., Romanchuk M.Ye., Martyniuk M.O. Maximum flow of rain overflow and spring flood

Despite the widespread use of the characteristics of maximum runoff of rain floods and spring water, the problem of their determination in the context of limited initial data on rivers should be attributed to those insufficiently studied in theoretical and practical aspects. The insufficient degree of studying the peculiarities of the formation of the maximum runoff of Ukrainian rivers requires further development of the study in the same way in theoretical and practical terms.

Key words: maximum runoff, rain floods, spring water runoff, conditions for the formation of runoff characteristics.

Постановка проблеми. За відсутності спостережень за максимальним стоком весняних водопіль рекомендується структура емпіричного типу з використанням залежності від розрахункових шарів стоку і коефіцієнтів, які характеризують дружність водопіль, обчислюваних по матеріалах річок-аналогів.

Через недоліки в існуючій розрахунковій базі як весняних водопіль, так і дощових паводків відсутня належна наукова обґрунтованість.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Формування максимального стоку річок було описане в підручнику [1]. На цій основі подальші дослідження були проведені на прикладі р. Дністер [2].

Також на основі попередніх досліджень Е.Д. Гопченко було виконане вдосконалення розрахунково-нормативної бази для визначення характеристик максимального стоку дощових паводків і весняних водопіль [3].

Постановка завдання. Авторами статті пропонується науково-методична база, яка належить до моделей, заснованих на одномодальних гідрографах весняних і дощових паводків. Методика розрахунку і довгострокових прогнозів характеристик максимального стоку річок доведена до рівня їх практичного використання. Розглядається операторна послідовність процесів формування паводків і водопіль «схиловий приплив – русловий стік».

Реалізація моделі ґрунтується на даних спостережень у період до 2010 року (регіони басейнів річок Десни, Дніпра і Причорноморської низовини).

Вперше пропонується розрахункова модель, яка базується на параметрах, обчислених у структурі формули з ітераційними процедурами стосовно невимірюваних характеристик максимального стоку весняного водопілля і дощових паводків.

Виклад основного матеріалу дослідження. За відсутності даних спостережень за максимальним стоком весняних водопіль рекомендується структура емпіричного типу вигляду [1]:

$$q_{p\%} = \frac{k_0 y_{p\%}}{(F + b)^{n_1}} \mu, \quad (1)$$

де $q_{p\%}$ – розрахунковий максимальний модуль стоку;

k_0 – параметр, який характеризує дружність весняного водопілля (визначається за матеріалами спостережень на сусідніх річках-аналогах);

$y_{p\%}$ – розрахунковий шар сумарного весняного стоку за водопілля імовірністю перевищення $P\%$ і залученням даних річок-аналогів;

F – площа водозборів;

μ – коефіцієнт, за допомогою якого враховується різниця у статистичних параметрах часових рядів максимальних витрат води і шарів стоку;

b – емпіричний параметр для врахування зниження редукції модулів максимального стоку $q_{p\%}$ в області невеликих водозборів;

n_1 – степеневий показник редукції максимальних модулів стоку в області $F \leq 10 \text{ км}^2$.

Максимальний стік дощових паводків визначається з урахуванням розміру водозборів:

А) при $F < 200 \text{ км}^2$ по формулі граничної інтенсивності:

$$q_{p\%} = A_{1\%} \varphi H_{1\%} \lambda P_{\%}, \quad (2)$$

де $A_{1\%}$ – максимальний модуль стоку забезпеченістю $P = 1\%$;

$H_{1\%}$ – розрахункові величини добових опадів забезпеченістю $P = 1\%$;

φ – збірний коефіцієнт стоку;

$\lambda P_{\%}$ – перехідний коефіцієнт від опорної забезпеченості $P = 1\%$ до розрахункової $P\%$.

Б) при $F > 200 \text{ км}^2$:

$$q_{p\%} = q_{200} \left(\frac{200}{F} \right)^{n_1} \lambda P_{\%}, \quad (3)$$

де q_{200} – розрахунковий модуль паводкового стоку, приведений до умовної площі водозборів $F = 200 \text{ км}^2$.

З наведених формул максимального стоку річок очевидно, що в них є суттєві недоліки, а саме:

1. З моменту застосування діючої в Україні методики нормативного документу СНіП 2.01.14-83 [2] минуло більше 40 років, і таким чином відбулися значні якісні зміни у використаних часових рядах гідрологічних спостережень.

2. Теоретично недостатньо обґрунтована методика для розрахункової бази при застосуванні різних структур формул для нормування характеристик максимальних витрат води дощових паводків і весняних водопіль.

3. Недостатня вивченість особливостей формування максимального стоку рівнинних річок України потребує рівномірно як теоретичних, так і практичних досліджень.

Авторами статті пропонується науково-методична база, яка належить до моделей, заснованих на одномодальних гідрографах весняних водопіль і дощових паводків.

Методика розрахунку і довгострокових прогнозів характеристик максимального стоку річок доведена до рівня їх практичного використання.

Розглядається операторна послідовність процесів формування паводків і водопіль «схильний приплив – русловий стік», представлена на рис. 1.



Рис. 1. Схема формування поверхневого стоку

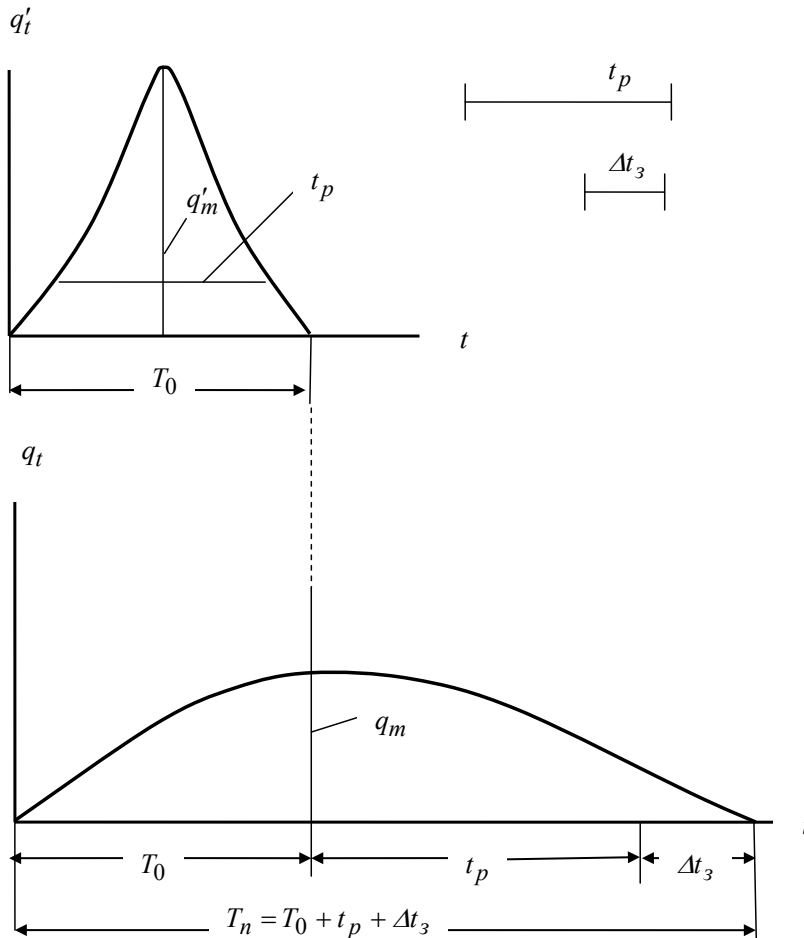


Рис. 2. Схема формування руслового стоку (з умови $t_p < T_0$)

З рис. 1 очевидно, що процеси формування поверхневого стоку представляють собою послідовність «опади – схиловий приплив – русловий стік», причому природне явище відносно фінального блоку «схиловий приплив – русловий стік» безпосередньо описується таким відношенням: «схиловий приплив – русловий стік».

На рис. 2 представлені можливі варіанти операторів трансформації «схиловий приплив – русловий стік».

На рис. 2 T_0 – тривалість схилового припливу;

t_p – тривалість руслового стоку;

$\square t_3$ – тривалість русло-заплавного стоку.

З рис. 2 видно, що в процесі трансформації «схиловий приплив – русловий стік» оператором схилового припливу відчувається зниження ординат при відношенні $t_p \ll T_0$.

У подальшому складові водного балансу (рис. 2) можна описати рівняннями (4).

$$q_t = q_m \left[1 - \left(\frac{t}{T_0} \right)^n \right] - \text{схиловий приплив}, \quad (4)$$

$$q_t = q_m \left[1 - \left(\frac{t}{T_n} \right)^m \right] - \text{русловий стік}, \quad (5)$$

де q_t – максимальний модуль схилового припливу;

q_m – максимальний модуль руслового стоку;

T_0 – тривалість схилового припливу;

T_n – тривалість руслового стоку.

Інтегрування (4) і (5) відповідно по тривалостях T_0 і T_n дає змогу одержання шарів стоку Y_m і Y_n [3]:

$$Y_m = \int_0^{T_0} q_t dt = q_m \frac{n}{n+1} T_0, \quad (6)$$

$$Y_n = \int_0^{T_n} q_t dt = q_m \frac{m}{m+1} T_n, \quad (7)$$

Відомо, що формування високих весняних водопіль і дощових паводків по вмісту вологи у верхньому шарі ґрунту різняться не суттєво. Тому умовно $Y_m = Y_n$, або

$$q_m \frac{n}{n+1} T_0 = q_m \frac{m}{m+1} T_n, \quad (8)$$

За допомогою (8) максимальний модуль руслового стоку q_m буде дорівнювати:

$$q_m = q_m \left(\frac{m+1}{m} \right) / \left(\frac{n+1}{n} \right) \frac{T_0}{T_n}, \quad (9)$$

де $\left(\frac{m+1}{m} \right) / \left(\frac{n+1}{n} \right) = k_m$ – коефіцієнт трансформації схилового припливу, при чому:

$$k_m = \frac{T_0}{T_n} = \frac{T_0}{T_0 + t_p + \square t_3} = \frac{1}{1 + \frac{t_p}{T_0} + \frac{\square t_3}{T_0}}, \quad (10)$$

k_n – коефіцієнт часової нерівномірності максимального стоку під впливом трансформації гідрографів весняних водопіль і дощових паводків.

Максимальний модуль схилового припливу q'_m у формулі (9) з використанням (6) буде становити:

$$q'_m = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_m = k_0 Y_m - \text{максимальний модуль схилового припливу}, \quad (11)$$

де k_0 – коефіцієнт схилової трансформації водопіль і паводків.

$$k_0 = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0}, \quad (12)$$

Коефіцієнт k_n у формулі (7) повною мірою залежить від розміру водозборів:

$$k_n = \frac{1}{1 + \frac{t_p}{T_0} + \frac{\Delta t_3}{T_0}} = \frac{1}{f(F+1)}, \quad (13)$$

$$k_n = f(F+1) = \frac{1}{(F+1)^{n_1}}, \quad (14)$$

На підставі рівняння (9) з урахуванням $\frac{m+1}{m} = k_m, \frac{T_0}{T_n} = k_n$ і $q_m = k_0 Y'_m$ розрахунковий модуль максимального стоку весняних водопіль і дощових паводків буде дорівнювати [3]:

$$q_m = \frac{k_0 Y'_m}{(F+1)^{n_1}}, \quad (15)$$

або

$$q_m = \frac{q'_m}{(F+1)^{n_1}}, \quad (16)$$

Балансові рівняння складових гідрографів для відношення $t_p > T_0$ описується структурами (4), (5), при чому:

$$T_n = T_0 + t_p + \square t_3, \quad (17)$$

а

$$q'_m \frac{n}{n+1} T_0 = q_m \frac{m}{m+1} (T_0 + t_p + \square t_3), \quad (18)$$

Максимальний модуль стоку набуде вигляду:

$$q_m = q'_m \left[\left(\frac{m+1}{m} \right) / \left(\frac{n+1}{n} \right) \right] \frac{T_0}{T_0 + t_p + \square t_3}, \quad (19)$$

де $\left(\frac{m+1}{m} \right) / \left(\frac{n+1}{n} \right) = k_m$ – коефіцієнт трансформації весняних водопіль і дощових паводків.

$$\frac{T_0}{T_0 + t_p + \square t_3} = \frac{1}{1 + \frac{t_p}{T_0} + \frac{\square t_3}{T_0}} = k_n \text{ – коефіцієнт часової нерівномірності максимального}$$

стоку під впливом трансформації гідрографів весняного водопілля (дощових паводків).

Практично скористатись (13) або (14) складно через відсутність спостережень за тривалістю схилового припливу T_0 і степеневого показника n .

Алгоритм, за допомогою якого можливо подолати ці проблемні характеристики, зводиться до наступного:

1. Спочатку доцільно (14) прологарифмувати, тоді [7]

$$\lg q_m = \log q'_m - n_1 \lg(F+1), \quad (20)$$

Якщо побудувати залежність $\log q_{1\%} = f \lg(F+1)$, то тангенс кута нахилу буде дорівнювати n_1 , а відрізок на осі ординат – параметр $q_{1\%}$.

Індивідуальні величини $q_{1\%}$ у структурі (14) будуть становити:

$$q_{1\%} = q_{1\%} (F+1)^{n_1}, \quad (21)$$

2. На підставі рівняння (10) параметр $q_{1\%}$ дорівнює:

$$\frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y'_{1\%} = q_{1\%} (F+1)^{n_1}, \quad (22)$$

З рівняння (22) [5]:

$$T_0 = \frac{n+1}{n} Y'_{1\%} / [q_{1\%} (F+1)^{n_1}], \quad (23)$$

3. У рівнянні (23) очевидно мають місце два невідомі параметра: тривалість схилового припливу T_0 і коефіцієнт часової нерівномірності $\frac{n+1}{n}$.

4. У подальшому, використавши рівняння (7), запишемо вираз

$$\frac{m+1}{m} = \frac{q_m}{Y_m} T_n^n, \quad (24)$$

На підставі довідників по складанню щорічних матеріалів гідрологічних спостережень будуються по окремих водозборах залежності $\frac{m+1}{m} = f(F+1)$.

Екстраполяції цих графіків на ось ординат дають можливість при $F = 0$ отримати пошукові величини індивідуальних параметрів $\frac{n+1}{n}$.

5. Узагальнені дані $\frac{n+1}{n}$ (з урахуванням впливу місцевих факторів і широтного положення окремих водозборів) з використанням залежностей (24) відкривають можливість визначення T_0 для кожного водозбору, які підлягають їх просторовому узагальненню.

Висновки і пропозиції. Враховуючи відсутність гідрометричних спостережень (за тривалістю схилового припливу T_0 і коефіцієнтами їх часової нерівномірності) в структурі Гідрометслужби, є проблеми визначення характеристик максимального стоку річок.

В авторській статті пропонується методика для визначення невимірюваних складових і математичних моделей, заснованих на базі гідрометричних підходів щодо схематизації гідрографів весняних водопіль і дощових паводків.

Реалізація моделі ґрунтується на даних спостережень у період до 2010 року (регіони басейнів річок Десни, Дніпра і Причорноморської низовини) [6, с. 7].

Вперше пропонується розрахункова модель редуційного типу, яка базується на параметрах, обчислених у структурах формул з ітераційними процедурами стосовно невимірюваних характеристик максимального стоку весняного водопілля і дощових паводків [8].

Обґрунтована науково-методична модель доведена до рівня практичного використання в структурах, які доцільно розглядати на предмет удосконалення сучасних нормативних документів у галузі розрахунку максимального стоку річок України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гопченко Є.Д., Овчарук В.А., Лобода Н.С. Гідрологічні розрахунки : підручник. Одеса : ТЕС, 2014. 483 с.
2. Гопченко Є.Д., Овчарук В.А., Траскова А.В. Нормування характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Дністер. : монографія. Одеса : ТЕС, 2017. 251 с.
3. Гопченко Є.Д., Овчарук В.А., Романчук М.Є. Удосконалення розрахунково-нормативної бази для визначення характеристик максимального стоку дощових паводків і весняних водопіль. Вісник Одеського державного екологічного університету. 2017. Вип. 21. 55 с.
4. Джабур Кхалдн. О применимости некоторых региональных формул к расчету максимального стока дождевых паводков рек Карпат. Метеорология, климатология и гидрология. 2002. Вып. 40, 123–131 с.
5. Ovcharuk V., Hoptsiy M., Hoptsiy M. Metod of determining the maximum flood for ungauged rivers of the Ukrainian Carpathians Abstract book 2-nd pannex workshop of the climate system of the Pannonian basin, 1–3 gune 2016, Hungarian meteorological service, Budapest, Hungary P. 61, DOI: 10.21404/pannex. 2016.

6. Гопченко Є.Д., Овчарук В.А., Траскова А.В. Нормування характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Дністер. : монографія. Одеса : ТЕС, 2017. 251 с.

7. Zh.R. Shakirzanova, Ye.D. Hopychenko, V.A. Ovcharuk. Modelling of land surface waters : notes of lectures. Odesa : TES, 2018. 111 p.

8. Гопченко Є.Д., Погорелова М.П. Нормування розрахункових характеристик весняного водопілля в басейні р. Прип'ять на базі формули об'ємного типу : монографія. Одеса : ТЕС, 2018. 134 с.