



УДК 556.166.51

DOI 10.32999/ksu2413-7391/2019-10-16

Гопченко Є.Д.,
доктор географічних наук, професор
Одеський державний екологічний університет

Бурлуцька М.Е.,
кандидат географічних наук, доцент
Одеський державний екологічний університет

Романчук М.Є.,
кандидат географічних наук, доцент
Одеський державний екологічний університет

Мартинюк М.О.,
магістр кафедри гідрології суші
Одеський державний екологічний університет

СУЧАСНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ВЕСНЯНИХ ВОДОПІЛЬ І ДОЦОВИХ ПАВОДКІВ РІЧОК УКРАЇНИ

Визначення характеристик максимального стоку дощових паводків і весняних водопіль мають широке використання, але їх розрахунок в умовах обмежених вихідних даних слід віднести до недостатньо вивчених як у теоретичному, так у практичному відношеннях. Для нормального функціонування гідротехнічних споруд, а також для уникнення катастрофічних наслідків для населених пунктів необхідно якнайбільш точно розрахувати і прогнозувати максимальний стік. Недостатня ступінь вивчення особливостей формування максимального стоку річок України потребує подальшого розвитку дослідження. На відміну від сучасних нормативних документів, авторами статті пропонується узагальнена структура для дощових паводків і весняних водопіль. Різняться методики лише параметрами, які відносяться окремо для паводків і весняних водопіль.

У сучасних чинних в Україні нормативних документах використовується багатолітній досвід в області теорії і практики гідрологічних розрахунків, накопичених науково-дослідними інститутами і проектними водогосподарськими установами станом на 1975 рік.

Зокрема, за відсутності даних спостережень за максимальним стоком весняних водопіль рекомендується структура емпіричного типу з використанням залежності від розрахункових шарів стоку і коефіцієнтів, які характеризують дружність водопіль, обчислюваних за матеріалами річок-аналогів.

Для врахування зниження редуції максимальних модулів стоку в області невеликих водозборів (з площею менше 10 км²) вводиться у структуру формули параметр "b".

Максимальний стік дощових паводків визначається з урахуванням розміру водозборів (при $F < 200$ км² – формула граничної інтенсивності, а при $F > 200$ км² – редуційна структура).

Методика розрахунку і прогнозів доведена до рівня їх використання.

Актуальність за минулий період пов'язана з необхідністю дослідження процесів формування характеристик максимального стоку дощових паводків і весняних водопіль.

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

Hopchenko Ye.D., Burlutska M.E., Romanchuk M.Ye., Martyniuk M.O. MODERN METHODS OF RESEARCH OF MAXIMUM FLOW OF SPRING FLOOD AND RAINFALL FLOOD OF THE RIVERS OF UKRAINE

Determination of the characteristics of maximum runoff of rain floods and spring water is widely used, but their calculation in the conditions of limited output data should be attributed to insufficiently studied both in the theoretical and practical terms. For the normal functioning of hydraulic structures, as well as to avoid catastrophic consequences for settlements, it is necessary to calculate and predict the maximum runoff precisely. The insufficient degree of studying the peculiarities of forming the maximum runoff of rivers in Ukraine requires further development of the research. Unlike modern normative documents, the authors of the article are proposed a generalized structure for rain floods and spring water. Different methods are only parameters that are individually for floods and spring water.

The current normative documents in force in Ukraine use the base-years experience in the field of the theory and practice of hydrological calculations, accumulated by scientific research institutes and project water management institutions as of 1975.

In particular, in the absence of observation data for the maximum drainage of spring water, the structure of the empirical type is recommended, using the dependence on the estimated layers of the runoff and the coefficients that characterize the watercourse's friendliness, calculated from the materials of the analogue rivers.

In order to take into account the reduction of the reduction of maximum drainage modules in the area of small catchment areas (with an area less than 10 km²), the parameter "b" is introduced into the structure of the formula.

The maximum drainage of rain floods is determined taking into account the size of the catchments (at $F < 200$ km² is the formula of the limiting intensity, and at $F > 200$ km² – the reduction structure).

The method of calculation and forecasts is brought to the level of their use.

The relevance of the past period is due to the need to study the processes of forming the characteristics of the maximum runoff of rain floods and spring water.

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

Постановка проблеми. Через недостатню кількість емпіричних даних для розрахунку максимального стоку, особливо на малих річках, важливо було створити методики розрахунків і прогнозів максимального стоку за допомогою операторної послідовності процесів формування весняних водопіль і дощових паводків «схилловий приплив – русловий стік».

На території України максимальний стік на річках спостерігається в результаті танення сезонних снігів і випадінні дощів. Весняна повінь охоплює одночасно значні території, в той час як дощові паводки мають локальний характер.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження в даному напрямку розрахунків максимального стоку дощових паводків і весняних водопіль представлені в роботах як вітчизняних (Гопченко, Овчарук, Лобода, 2014), (Гопченко, Овчарук, Романчук 2017), (Ovcharuk, Horchenko, Hoptsiy 2016), так і закордонних (Джабур Кхалдун, 2002), (Гопченко, Эль Фриги Хасен Лотфи 1988) авторів.

Постановка завдання. Метою дослідження є обґрунтування теоретичної бази для нормування розрахункових характеристик максимального стоку дощових паводків і весняних водопіль.

В якості моделі пропонується структура, заснована на схематизації гідрографів паводків і водопіль у вигляді двох парабол, які перетинаються у вершині.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Схематично вихідні матеріали по формуванню максимального стоку річок представлені на рис. 1.



Рис. 1. Схема формування поверхневого стоку (у вигляді трьох блоків)

З рис. 1 очевидно, що процеси формування поверхневого стоку представляють собою послідовність «опад-схилловий приплив-русловий стік», причому природне явище відносно фінального блоку «схилловий приплив-русловий стік» безпосередньо описується таким відношенням: «схилловий приплив-русловий стік» (рис. 2).

На рис. 2 T_0 – тривалість схилового припливу; t_p – тривалість руслового стоку; Δt_3 – тривалість русло-заплавного стоку.

З рис. 2 видно, що у процесі трансформації «схилловий приплив-русловий стік», оператором схилового припливу відчувається зниження ординат при відношенні t_p/T_0 .

У подальшому складові частини водного балансу (рис. 2) можна описати рівняннями (Гопченко, Овчарук, Лобода, 2014):

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

$$q_t = q_m \left[1 - \left(\frac{t}{T_n} \right)^m \right] - \text{русловий гідрограф}; \quad (2)$$

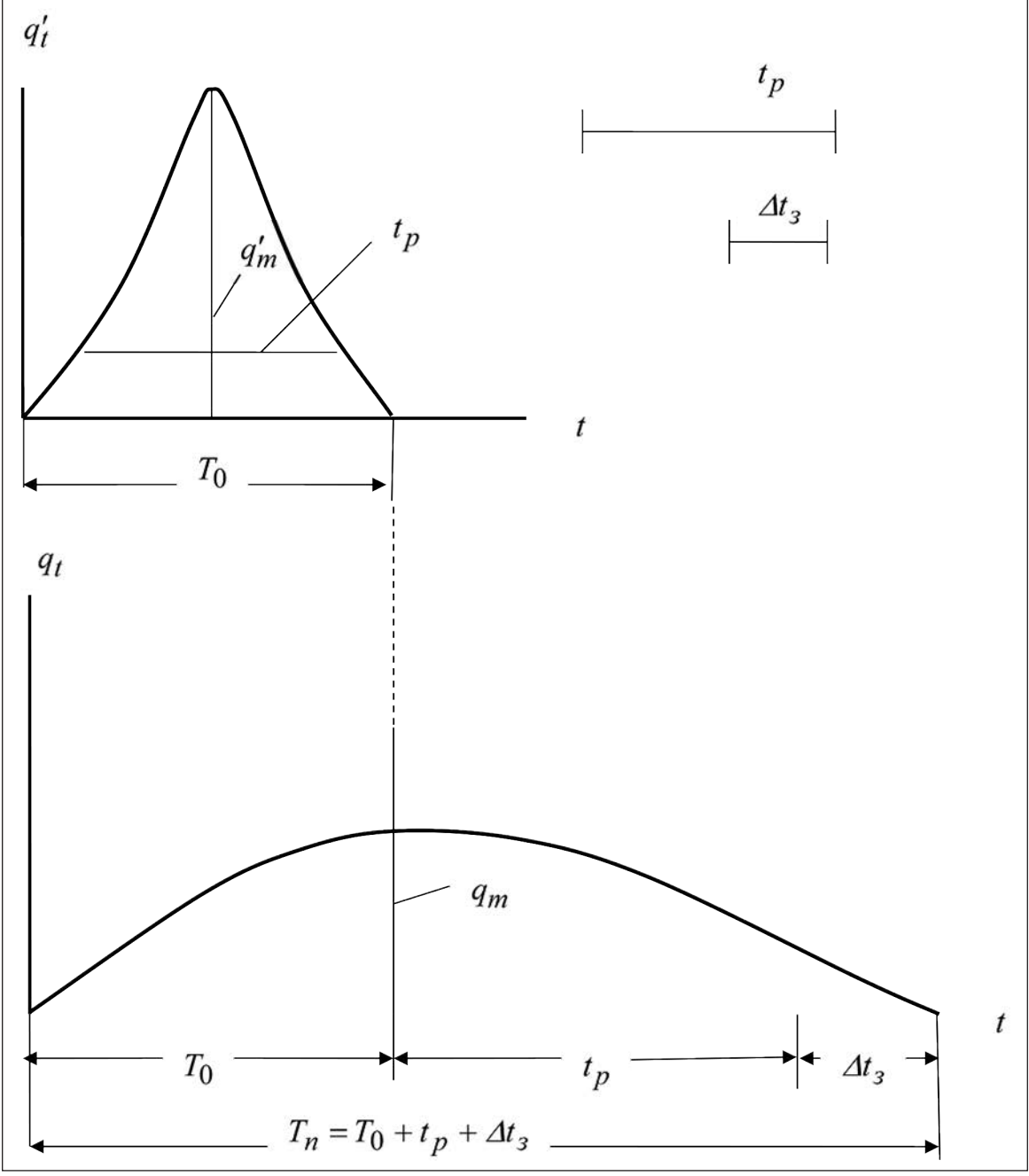


Рис. 2. Схема формування руслового стоку (за умови $t_p < T_0$)

Де q'_m – максимальний модуль схилового припливу; q_m – максимальний модуль руслового стоку; T_0 – тривалість схилового припливу; T_n – тривалість руслового стоку.

Інтегрування (1) і (2), відповідно по тривалостях T_0 і T_n дає змогу одержання шарів стоку Y'_m і Y_m (Гопченко, Овчарук, Романчук, 2017):

$$Y'_m = \int_0^{T_0} q'_t dt = q'_m \frac{n}{n+1} T_0; \tag{3}$$

$$Y_m = \int_0^{T_n} q_t dt = q_m \frac{m}{m+1} T_n; \tag{4}$$

Відомо, що формування високих весняних водопіль і дощових паводків по вмісту вологи у верхньому шарі ґрунту різняться несуттєво. Тому умовно $Y'_m = Y_m$, або

$$q'_m \frac{n}{n+1} T_0 = q_m \frac{m}{m+1} T_n; \tag{5}$$

За допомогою (5)

$$q_m = q'_m \left(\frac{m+1}{m} \right) / \left(\frac{n+1}{n} \right) \frac{T_0}{T_n}; \tag{6}$$

Де $\left(\frac{m+1}{m} \right) / \left(\frac{n+1}{n} \right) = k_m$ – коефіцієнт часової нерівномірності стоку, причому:

$$k_n = \frac{T_0}{T_n} = \frac{T_0}{T_0 + t_p + \Delta t_s} = \frac{1}{1 + \frac{t_p}{T_0} + \frac{\Delta t_s}{T_0}}; \quad (7)$$

$q_m = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_m' = k_0 Y_m'$ – максимальний модуль схилового припливу; (8)

k_0 – коефіцієнт схилової трансформації водопіль і паводків.

$$k_0 = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0}; \quad (9)$$

Коефіцієнт k_n в формулі (7), як видно зі знаменника, повною мірою залежить від перемінних у відношеннях $\frac{t_p}{T_0}$ і $\frac{\Delta t_s}{T_0}$, а

$$\frac{1}{1 + \frac{t_p}{T_0} + \frac{\Delta t_s}{T_0}} = \frac{1}{f(F+1)^{n_1}}; \quad (10)$$

Де $f(F+1)^{n_1} = \frac{1}{(F+1)^{n_1}}$ – редуційний коефіцієнт, числове значення якого визначається розміром площі водозборів.

Таким чином, на підставі рівнянь (8), (9) і (10) можна дійти висновку (Джабур Кхалдун, 2002), що

$$q_m = \frac{k_0 Y_m'}{(F+1)^{n_1}}; \quad (11)$$

Або

$$q_m = \frac{q_m'}{(F+1)^{n_1}}; \quad (12)$$

Де q_m' – максимальний модуль схилового припливу.

$$q_m' = k_0 Y_m' = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_m'; \quad (13)$$

Формули (11), (12) і (13) рекомендуються нами для практичного використання.

Незважаючи на обґрунтовані у статті розрахункові структури (12) і (13), практично скористатись ними складно через відсутність спостережень за тривалістю схилового припливу T_0 (Ovcharuk, Norchenko, Noptsiy 2016).

Алгоритм, за допомогою якого можливе подолання (13), має наступну редакцію.

Матеріали гідрологічних вимірювань, приведені до умов (12), відносно q_m' і n_1 , становлять:

Спочатку доцільно (12) прологарифмувати, тоді $\lg q_m = f \lg(F+1)$.

Тангенс кута нахилу залежності $\lg q_m = f \lg(F+1)$ відповідає степеневій величині n_1 , а q_m' – відрізок на осі ординат;

Якщо необхідно обґрунтувати індивідуальні значення q_m' , та після визначення n_1 розрахункові модулі q_m' будуть становити (Ovcharuk, Norchenko, Noptsiy 2016):

$$q_m' = q_m (n+1)^{n_1}; \quad (14)$$

За рівнянням (13):

$$q_m' = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_m'; \quad (15)$$

З використанням рівнянь (14) і (15):

$$q_m (F+1)^{n_1} = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_m'; \quad (16)$$

Де початкова розрахункова тривалість схилового припливу T_0 дорівнює (Гопченко, Овчарук, Траскова, 2017):

$$T_0 = \frac{n+1}{n} Y_m' / [q_m (F+1)^{n_1}]; \quad (17)$$

Невизначеним в (17), крім T_0 , є також коефіцієнт часової нерівномірності схилового припливу $\frac{n+1}{n}$. Його пропонується встановлювати за допомогою рівняння (4).

$$\frac{m+1}{m} = \frac{Y_m}{q_m T_n}; \quad (18)$$

За матеріалами (18) будується залежність:

$$\lg \frac{m+1}{m} = \lg \left(\frac{Y_m}{q_m} \right) - \lg T_n; \quad (19)$$

Яка стосується рівняння $\frac{m+1}{m} = f(F)$.

На її підставі визначається T_0 (Shakirzanova, Norchenko, Ovcharuk, 2018), Гопченко, Погорелова, 2018) (відрізок на осі ординат $\frac{n+1}{n}$ і степеневий показник n_1).

Висновки. Ураховуючи відсутність гідрометричних спостережень (за тривалістю схилового припливу T_0 і коефіцієнтами його часової нерівномірності) у структурі Гідрометслужби мають місце проблеми визначення характеристик максимального стоку річок.

В авторській статті пропонується методика для визначення невимірюваних складових частин і використання математичної моделі, заснованої на базі гідрометричних підходів щодо схематизації гідрографів весняних водопіль і дощових паводків.

Реалізація моделі ґрунтується на даних спостереженнях у період до 2010 р.

Уперше пропонується розрахункова модель редуційного типу, яка базується на параметрах, обчислених у структурах формул з ітеративними процедурами стосовно невимірюваних характеристик максимального стоку весняного водопілля і дощових паводків.

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



ЛІТЕРАТУРА:

1. Гопченко, Є.Д., Эль Фриги Хасен Лотфи (1988) Обоснование расчетной продолжительности притока воды со склонов в русловую сеть. 12 с. Депон. в УкрНИИИТИ, № 2576 – Укр. 88. [Hopchenko, Ye.D., Hassen Lotfi Frigi (1988) Justification of the estimated duration of water flow from the slopes to the channel p.12. Depon., UkrNIINTI, № 2576 – Ukr. 88].
2. Гопченко, Є.Д., Овчарук, В.А., Лобода, Н.С. (2014) Гідрологічні розрахунки : підручник. Одеса : ТЕС [Hopchenko, Ye.D., Ovcharuk, V.A., Loboda, N.S. (2014). Hydrological calculations. Odesa : TES (in Ukrainian)].
3. Гопченко, Є.Д., Овчарук, В.А., Романчук, М.Є. (2017) Удосконалення розрахунково-нормативної бази для визначення характеристик максимального стоку дощових паводків і весняних водопіль. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. Вип. 21. 55 с. [Hopchenko, Ye.D., Ovcharuk, V.A., Romanchuk, M.Ye. (2017). Favoring the normative calculated base for determining the characteristics of the maximum flow of plank floods and spring water. *Bulletin of Odessa state environmental universit*], 21, p. 55 (in Ukrainian)].
4. Гопченко, Є.Д., Овчарук, В.А., Траскова, А.В. (2017) Нормування характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Дністер : монографія. Одеса : ТЕС, 251 с. [Hopchenko, Ye.D., Ovcharuk, V.A., Traskova, A.V. (2017) Rationing of the characteristics of the maximum runoff of spring water in the basin of the Dniester River. Odesa : TES (in Ukrainian)].
5. Гопченко, Є.Д., Погорелова, М.П. (2018) Нормування розрахункових характеристик весняного водопілля в басейні р. Прип'ять на базі формули об'ємного типу : монографія. Одеса : ТЕС, 134 с. [Hopchenko, Ye.D., Pohorelova, M.P. (2018) Rationing of the calculated characteristics of spring water in the basin of the Pripyat River on the basis of the volume-type formula. Odesa : TES. (in Ukrainian)].
6. Джабур Кхалдун. (2002) О применимости некоторых региональных формул к расчету максимального стока дождевых паводков рек Карпат. *Метеорология, климатология и гидрология*. Вып. 40, 123–131 с. [Jabour Khaldun. (2002) About the applicability of some regional formulas to the calculation of the maximum runoff of rain patches of the Carpathian rivers. *Metheorologe, climatology and hydrology*, 40, pp. 123–131].
7. Ovcharuk, V., Hopchenko, Ye., Hoptsiy, M. (2016) 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 june 2016, Hungarian meteorological service, Budapest, Hungary P.61. doi: 10.21404.
8. Shakirzanova, Zh.R., Hopchenko, Ye.D., Ovcharuk, V.A. (2018) Modelling of land surface waters. Odesa : TES, 111 p.

Стаття надійшла до редакції 27.05.2019