УДК : 566.166

УДОСКОНАЛЕННЯ РОЗРАХУНКОВО-НОРМАТИВНОЇ БАЗИ В ГАЛУЗІ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ І ВЕСНЯНИХ ВОДОПІЛЬ: ПРОБЛЕМИ І МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Є.Д.Гопченко, д.геогр.н., проф.,
М.Є. Романчук, к.геогр.н., доц.,
В.А. Овчарук, к.геогр.н., доц.

Одеський державний екологічний університет,
вул. Львівська, 15, 65016, Одеса, Україна, valeri.o@mail.ru

У статті розглядаються проблемні питання, в тій чи іншій мірі пов'язані з визначенням розрахункових характеристик максимального стоку дощових паводків і весняних водопіль рідкісної ймовірності перевищення за відсутності безпосередніх часових рядів спостережень за гідрологічним режимом річок.

Ключові слова: максимальних стік, дощові паводки, весняне водопілля, розрахункові характеристики, шари стоку, трансформувальні функції паводкових хвиль, руслова мережа, русло-заплавне зарегулювання паводків.

1. ВСТУП

За [1], проблема паводків і методи їх розрахунку та прогнозу відносяться до найбільш важливих із гідрологічних характеристик як в практичному, так і у науковому відношеннях, бо від величини максимального стоку залежать розміри водозбірних отворів мостових переходів, інших гідротехнічних споруд, що розташовуються у підтоплюваних територіях, у тому числі й населені пункти і сільськогосподарські угіддя.

Проблемі розрахунку характеристик весняних водопіль і дощових паводків невипадково присвячена велика кількість досліджень, а також методичних підходів і формул для визначення екстремально високих витрат води. На жаль, не зважаючи на очевидну актуальність проблеми, повноцінних і тривалих рядів спостережень за характеристиками максимального стоку, а тим більш експериментальних матеріалів – зовсім недостатньо. Виходячи з цих об'єктивних обставин, на практиці широкого розповсюдження набули різні методи опосередкованого визначення розрахункових характеристик дощових паводків і водопіль, основані на тих чи інших теоретичних моделях формування у різних фізико-географічних районах стоку та їх узагальнення.

За походженням умовно можна виділити три основних типи паводків [1,2]:

- спричинені метеорологічними факторами;
- зумовлені або ще й підсилені русловими умовами (чи іншими місцевими факторами);
- паводки селевого походження.

Наша увага, головним чином, буде стосуватись першої групи, як найбільш поширеної і забезпеченої, нормативними документами, зокрема, у післявоєнні роки – СН 435-72, СНіП 2.01.14-83 і СП 33-101-2003 (у РФ і деяких країнах СНД).

2. КОРОТКИЙ ОГЛЯД РОЗВИТКУ РОЗРАХУНКОВОЇ БАЗИ В ОБЛАСТІ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ І ВЕСНЯНИХ ВОДОПІЛЬ

Паводки і весняні водопілля в історичному плані відносяться до стихійних явищ, які в окремі роки супроводжувались повіддями, коли затопленими були величезні території, населені пункти, порушені залізничні і шосейні не тільки шляхи, але й такі висококапітальні споруди, як мости. При цьому максимальна інтенсивність дощів може сягати (у тропічних районах) 200-300 мм/год, а за добу 1000-1200 мм/год. [2]. Наслідки під час таких злив бувають катастрофічними. Так, на р.Янцзи в червні-липні 1931 року при проходженні дощового паводка зазнала руйнування захисна дамба. Затопленими виявились десятки тисяч квадратних кілометрів території, а також мала місце загибель (у тому числі й через захворювання) понад 100 тис. людей. В Україні неодноразовим джерелом бід ставав Дніпро. Неперевершеним як за висотою стояння води, так і за площею зони затоплення, вважається водопілля того ж 1931 року, яке затопило величезну територію від Могильова на півночі до Запоріжжя - на півдні.

До сильних злив можна віднести і дощ, що випав відносно недавно – 12 вересня 2013 р. у смт Тарутино, шар опадів якого становив 196.9 мм [3]. Збитки не мали таких розмірів, як у попередньому випадку, завдяки порівняно невеликій площі розповсюдження.

Першою розрахунковою методикою, яку міністерство шляхів сполучення ще царської Росії вважало за необхідне ввести в дію для визначення норм зливового стоку, була формула австрійського інженера Кестліна. Це сталося після того, коли у 1882 р., внаслідок недостатнього обґрунтування розмірів мостів і труб для пропуску зливових вод мала місце аварія потягу на Московсько-Курській залізниці (біля ст. Кукуєво).

Формула Кестліна мала вигляд

$$q_m = k_p a \eta, \qquad (1)$$

де q_m – максимальний модуль стоку;

a – розрахункова інтенсивність, взята Кестліним на основі одного зливового дощу з інтенсивністю 0,96 мм/хв і тривалістю 10 хв;

k_p=16,67 – коефіцієнт розмірності;

η – збірний коефіцієнт стоку.

В той же час в США вже чітко були визначені вимоги щодо безпечності і рентабельності споруд, в тому числі й у долинах річок. Шосейні дренажні труби розраховувались на строки від 10 до 20 років за умови короткочасного їх виходу із експлуатації та порушень графіків пересування транспорту [4]. Великі греблі, розташовані вище густонаселених долин річок, повинні проектуватись з такими вимогами, щоб вони могли пропускати екстремально високі паводки протягом усієї служби споруд. Неможливість забезпечити вимірюваннями усі водотоки, на яких відбувається проектування гідротехнічних споруд, сприяла розробці формул для визначення розрахункових витрат дощових паводків і весняних водопіль різної забезпеченості. Серед них мала розповсюдження емпірична структура, запропонована Джервисом [4]

$$Q_m = k_p b\sqrt{F}\,, \qquad (2)$$

де Q_m – максимальна витрата води;

F – площа водозборів;

b – коефіцієнт Майєрса;

$k_p = 16{,}67$ – коефіцієнт розмірності.

Але найбільшого розповсюдження набули формули граничної інтенсивності (раціональні формули) вигляду (1).

Інтенсивність опадів a визначається за період басейнової тривалості добігання. Бернард (1938) запропонував коефіцієнт стоку η нормувати залежно від повторюваності T_p, тобто

$$\eta = a_m\left(\frac{T_p}{100}\right)^x\,, \qquad (3)$$

де a_m – максимальний коефіцієнт стоку повторюваністю 1 раз на 100 років;

x – степеневий показник, представлений картою ізоліній.

Геологічною службою США були розроблені й опубліковані огинаючі криві для 14 областей [4], параметри яких відносяться до структур редукційного типу

$$q_m = \frac{B}{F^{n_1}}\,, \qquad (4)$$

де B – максимальний модуль схилового припливу при $F = 0$.

Степеневий показник n_1 змінюється від 0,17 (басейн р.Снейк) до 1,0 (Грейт – Бейсин), але переважно $n_1 = 0{,}5$.

Слід зауважити, що редакція (4) має суттєвий недолік, який полягає у невизначеності правої частини, оскільки при $F = 0$ максимальний модуль стоку q_m дорівнює 1/0. В результаті аналізу даних спостережень та фізичної природи явища редукції максимального стоку весняного водопілля Д.Л.Соколовським [1] була використана більше досконала структура редукційного типу, а саме:

$$q_m = \frac{q'_m}{(F+1)^{n_1}}\,, \qquad (5)$$

де q'_m – максимальний модуль схилового припливу.

Серед редукційних формул необхідно відзначити варіант, запропонований А.А.Соколовим і К.П.Воскресенським [1]. Вони довели, що модуль схилового припливу q'_m зумовлений шаром стоку за паводок чи водопілля, тобто

$$q'_m = k_0 Y_m\,. \qquad (6)$$

З урахуванням (6) формула (5) набула розрахункового вигляду і була використана у нормативному документі СН 356-66 [5] в редакції

$$q'_m = \frac{k_0 Y_m}{(F+1)^{n_1}}\,. \qquad (7)$$

Серед формул максимального стоку паводків необхідно відзначити теоретичну модель, запропоновану А.М.Бефані [6]. Вона описується рівнянням

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial w}{\partial t} = \alpha q'_t B_x\,, \qquad (8)$$

де Q – витрата води;

w – площа поперечного перерізу руслового потоку;

α – коефіцієнт густоти гідрографічної мережі;

q'_t – модуль схилового припливу води до руслової мережі;

B_x – ширина водозбору по ізохронах руслового добігання (на відстані *x* від витоку річки).

Інтегрування (8) при початкових ($t = 0$; $w = 0$) і граничних ($x = 0$; $w = 0$) умовах та наступні перетворення дали змогу одержати розрахункову формулу

$$q_m = \frac{Y_m}{t_p}\phi k_{\text{г}}\,, \qquad (9)$$

де Y_m – шар схилового припливу паводка;

t_p – тривалість руслового добігання;

φ – так званий коефіцієнт діючого шару стоку, причому

- при $(t_p/T_0)=0$

$$\varphi = 0\,; \tag{10}$$

- при $0<(t_p/T_0)<1.0$

$$\varphi = \frac{n+1}{n}\frac{t_p}{T_0}\left[1-\frac{1}{n+1}\left(\frac{t_p}{T_0}\right)^n\right]; \tag{11}$$

- при $(t_p/T_0)\geq 1.0$

$$\varphi = 1.0\,, \tag{12}$$

$(n+1)/n$ – коефіцієнт часової нерівномірності схилового припливу;

T_0 – тривалість схилового припливу.

Гідрографічний коефіцієнт $k_{\text{г}}$ є перехідним множником від прямокутної форми водозборів до реальної. Він дорівнює:

- при $(t_p/T_0)=0$

$$k_{\text{г}} = 1.0\,; \tag{13}$$

- при $0<(t_p/T_0)\leq 1.0$

$$k_{\text{г}} = \left[1-\frac{m+1}{(n+1)(m+n+1)}\left(\frac{t_p}{T_0}\right)^n\right]\times \times\left[1-\frac{1}{n+1}\left(\frac{t_p}{T_0}\right)^n\right]^{-1}; \tag{14}$$

- при $(t_p/T_0)>1.0$

$$\text{k}_{\text{г}} = \frac{m+1}{m}-\frac{n+1}{m(m+n+1)}\left(\frac{T_0}{t_p}\right)^m; \tag{15}$$

- при $(t_p/T_0)\gg 1.0$

$$\text{k}_{\text{г}} = \frac{m+1}{m}, \tag{16}$$

де $(m+1)/m$ – коефіцієнт нерівномірності розвитку басейнів річок по ширині.

У подальшому формула (9) була А.М. Бефані [7] дещо відкорегована шляхом включення до структури коефіцієнта русло-заплавного регулювання паводків (водопіль) $\varepsilon_F \leq 1.0$.

Принциповим недоліком формули (9) є те, що при t_p=0 вона має невизначеність виду 0/0, тоді як фізично за такої умови $q_m = q'_m$ (де q'_m – максимальний модуль схилового припливу).

3. РОЗРАХУНКОВІ ФОРМУЛИ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ, ЩО ПРОПОНУЮТЬСЯ АВТОРАМИ СТАТТІ

Подальший розвиток моделі (8) здійснив Є.Д. Гопченко [8,2,3]. Вихідне рівняння ґрунтується на схемі руслових ізохрон і має вигляд

$$\frac{\partial Q}{\partial x}+\frac{\partial w}{\partial t} = \alpha q'_t B_x \varepsilon_t\,, \tag{17}$$

де ε_t – функція русло-заплавного зарегулювання паводків (водопіль).

Розв'язок (17) відносно q_m при початкових ($t=0$; $w=0$) і граничних ($x=0$; $w=0$) умовах в результуючому варіанті запишемо таким чином:

$$q_m = q'_m \Psi\left(t_p/T_0\right)\varepsilon_F\,, \tag{18}$$

де

$$q'_m = \frac{n+1}{n}\frac{1}{T_0}Y_m\,, \tag{19}$$

$\Psi\left(t_p/T_0\right)$ – трансформаційна функція, причому:

- при $(t_p/T_0)=0$

$$\Psi\left(t_p/T_0\right); \tag{20}$$

- при $0<(t_p/T_0)\leq 1.0$

$$\Psi\left(t_p/T_0\right) = 1-\frac{m+1}{(n+1)(m+n+1)}\left(\frac{t_p}{T_0}\right)^n; \tag{21}$$

- при $(t_p/T_0)\geq 1.0$

$$\Psi\left(t_p/T_0\right) = \frac{n}{n+1}\frac{T_0}{t_p}\left[1-\frac{n+1}{m(m+n+1)}\left(\frac{T_0}{t_p}\right)^m\right]; \tag{22}$$

- при $(t_p/T_0)\gg 1.0$

$$\Psi\left(t_p/T_0\right)=0, \tag{23}$$

$\varepsilon_F \leq 1.0$ – коефіцієнт русло-заплавного зарегулювання.

Складності операторного рівняння (18) пов'язані з

тим, що воно має дві невідомі величини – тривалість схилового припливу T_0 і коефіцієнт русло-заплавного регулювання ε_F.

На кафедрі гідрології суші ОДЕКУ запропонована методика визначення цих параметрів, виходячи зі структури (18) та застосування до неї ітераційних процедур [9].

Можливий дещо простіший науковий підхід для обґрунтування розрахунково-нормативної бази в галузі максимального стоку річок. Він спирається на геометричну модель гідрографів схилового і руслового стоку. У розгортці від максимальних ординат q'_m і q_m їх можна представити у такій редакції:

- схиловий приплив

$$q'_t = q'_m\left[1-\left(\frac{t}{T_0}\right)^n\right]; \qquad (24)$$

- русловий стік

$$q_t = q'_m\left[1-\left(\frac{t}{T_n}\right)^{m_1}\right], \qquad (25)$$

де T_0 – тривалість схилового припливу;

T_n – тривалість паводка (водопілля).

Проінтегруємо (24) і (25) відповідно по T_0 і T_n, тоді:

- схиловий приплив

$$Y_m = \frac{n}{n+1}q'_m T_0; \qquad (26)$$

- русловий стік

$$Y_m = \frac{m_1}{m_1+1}q_m T_n. \qquad (27)$$

Вважаючи, що у русловій мережі не відбувається значних втрат паводкових (повеневих) вод, узагальнимо (26) і (27)

$$q_m = \frac{m_1+1}{m_1}\Big/\frac{n+1}{n}q'_m\frac{T_0}{T_n}, \qquad (28)$$

де $\frac{m_1+1}{m_1}\Big/\frac{n+1}{n} = k_m$ – коефіцієнт трансформації форми гідрографів у процесі формування паводків (водопіль).

Очевидно, що відношення тривалостей схилового припливу під час паводків (водопіль) T_0 і руслового стоку T_n буде дорівнювати:

$$\frac{T_0}{T_n} = k_n = \frac{T_0}{T_0+t_p+\Delta t} = \frac{1}{1+\frac{t_p}{T_0}+\frac{\Delta t}{T_0}} = f(F) \qquad (29)$$

У (29) відношення (t_p/T_0) визначається тривалістю руслового добігання, $\Delta t/T_0$ – ємністю русло-заплавного зарегулювання паводків (водопіль).

Враховуючи (29), перепишемо структуру (28) таким чином:

$$q_m = q'_m k_n k_m. \qquad (30)$$

Якщо в (30) підставити q'_m з (19), то

$$q_m = \frac{n+1}{n}\frac{1}{T_0}Y_m k_n k_m. \qquad (31)$$

Введемо позначення

$$\frac{n+1}{n}\frac{1}{T_0} = k_0, \qquad (32)$$

де k_0 – коефіцієнт схилової трансформації паводків (водопіль).

У такому випадку (30) набуде вигляду:

$$q_m = k_0 Y_m k_n k_m, \qquad (33)$$

де k_m – коефіцієнт руслової трансформації,

k_n – коефіцієнт русло-заплавного зарегулювання.

На жаль, не зважаючи на структурну простоту (33), вона містить дві невідомих (не вимірюваних) величини: тривалість схилового припливу T_0 і коефіцієнт русло-заплавного зарегулювання k_n.

4. МЕТОДИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ НЕВИМІРЮВАНИХ РОЗРАХУНКОВИХ ПАРАМЕТРІВ ФОРМУЛ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ

Вище відзначалось, що запропоновані формули для нормування розрахункових характеристик максимального стоку паводків і водопіль не забезпечені повною мірою необхідними даними.

У формулі (18) вирішення усіх проблемних питань, пов'язаних із визначенням невимірюваних параметрів досягається за допомогою програмного комплексу «Caguar», який забезпечує встановлення тривалості схилового припливу T_0 і коефіцієнтів русло-заплавного зарегулювання ε_F. В інших структурах, тобто (31) і (33), проблемними теж є тривалість схилового припливу (вона входить до параметрів k_0 і q'_m) та коефіцієнт русло-заплавного зарегулювання k_n. З цією метою повернемось до структури (27), звідки

$$q_m = \frac{m_1+1}{m_1}\frac{Y_m}{T_n} = \frac{k_0 Y_m}{(F+1)^{n_1}}. \qquad (34)$$

Саме у такій редакції (34) увійшла у нормативні документи СН 435-72 [9] і СНІП 2.01.14-83 [10] для розрахунку максимальних витрат води весняного водопілля (за відсутності спостережень).

Параметри k_0 і n_1, досить просто встановити, якщо (34) представити у вигляді

$$\frac{q_m}{Y_m} = k_0 / (F+1)^{n_1}. \quad (35)$$

Після логарифмування (35) будемо мати вигляд

$$\lg \frac{q_m}{Y_m} = \lg k_0 - n_1 \lg(F+1). \quad (36)$$

У побудованій залежності $\lg q_m / Y_m = f \lg(F+1)$ параметр k_0 представляє собою відрізок на осі ординат, а n_1 – тангенс кута нахилу лінії регресії до осі абсцис.

Виходячи з (32), тепер є можливість визначити T_0 оскільки

$$T_0 = k_p \frac{n+1}{n} \Big/ k_0, \quad (37)$$

де k_p – коефіцієнт розмірності;

$(n+1)/n$ – коефіцієнт часової нерівномірності схилового припливу до руслової мережі. Враховуючи, що спостереження за характеристиками схилового стоку відсутні, то $(n+1)/n$ безпосередньо не можна встановити. Нами пропонується методика, яка дозволяє обґрунтувати $(n+1)/n$, спираючись на матеріали гідрометричних вимірювань. Для цього скористаємось виразом (27), в структурі якого коефіцієнт часової нерівномірності руслового стоку $(m_1+1)/m_1$ буде дорівнювати

$$\frac{m_1+1}{m_1} = \frac{q_m \cdot T_n}{Y_n}. \quad (38)$$

Враховуючи, що розглядається проблема розрахунку характеристик максимального стоку дощових паводків і водопіль, доцільно $(m_1+1)/m_1$ обчислювати не за повними рядом спостережень, а головним чином за даними групи багатоводних років (приблизно за 1/3 тривалості наявних рядів).

Для обґрунтування $(n+1)/n$ залежність $(m_1+1)/m_1$ будується в координатах $(m_1+1)/m_1 = f \lg(F+1)$. Основою для апроксимації цієї залежності є рівняння

$$\frac{m_1+1}{m_1} = a e^{-a_1 \lg(F+1)}, \quad (39)$$

де $a = (n+1)/n$ – коефіцієнт часової нерівномірності схилового припливу.

Крім цього, з рівняння (39) можна визначити й коефіцієнт трансформації гідрографів паводків (водопіль) k_m, а саме

$$k_m = \frac{m_1+1}{m_1} \Big/ a = \frac{m_1+1}{m_1} \Big/ \frac{n+1}{n} = e^{-a_1 \lg(F+1)} \quad (40)$$

Тепер при наявності T_0, $(n+1)/n$ і k_m з рівняння (30) або (33) можна визначити коефіцієнт руслозаплавного зарегулювання k_n. Просторове узагальнення k_n відбувається в залежності від розміру водозборів. Важливим є те, що зверху k_n обмежений одиницею (при $F = 0$) і тим самим, за відсутності спостережень на невеликих річках, зазвичай, рівняння, яким описується емпірична залежність $k_n = f \lg(F+1)$, має вигляд

$$k_n = e^{-b_1 \lg(F+1)}. \quad (41)$$

Параметри k_m і k_n, як видно з (40) і (41), описуються одним і тим же аргументом $-[\lg(F+1)]$, що дозволяє їх об'єднати в один редукційний параметр, тобто

$$k_m k_n = k_F = e^{-(a_1+b_1)\lg(F+1)}. \quad (42)$$

З урахуванням (42) і за наявністю на водозборах водойм руслового типу формули (30) і (33) можна представити в узагальненому вигляді:

$$q_m = q'_m \cdot k_F \cdot r \quad (43)$$

або

$$q_m = k_0 Y_m k_F \cdot r, \quad (44)$$

де r – коефіцієнт зарегулювання паводків (водопіль) озерами, водосховищами, ставками.

У подальшому, користуючись (43) чи (44), оберненим шляхом визначається для кожного водозбору тривалість схилового припливу T_0

$$T_0 = k_p \frac{n+1}{n} \frac{Y_m}{q_m} k_F. \quad (45)$$

В свою чергу, параметр T_0 підлягає просторовому узагальненню в залежності від географічного положення водозборів і місцевих факторів (залісеності, заболоченості, закарстованості), які впливають на схилову трансформацію паводків і водопіль.

5. ВИСНОВКИ

Використовуючи теорію руслових ізохрон і геометричну модель гідрографів схилового і руслового стоку, авторами обгрунтовуються структури розрахункових формул максимального стоку.

Основним параметром цих структур є модуль схилового припливу, який залежить від шару стоку, тривалості схилового припливу і коефіцієнтів часової нерівномірності схилового припливу до руслової мережі.

Запропоновані структури розрахункових формул, на відміну від існуючих, фактори схилового і руслового стоку враховують окремими параметрами.

Формули вигляду (18) або (43) і (44) рекомендуються для практичного використання як доповнення до нормативного документу, що розробляється в Україні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Соколовский Д.Л. Речной сток / Д.Л. Соколовский – Л., 1968. – 538 с.
2. Гопченко Є.Д. Невеликі річки – великі проблеми / Є.Д. Гопченко, Н.С. Кічук // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2014. – Т.3 (34). – С. 16-24.
3. Гопченко Є.Д. Гідрологічні розрахунки: [підручник] / Є.Д. Гопченко, Н.С. Лобода, В.А. Овчарук. – Одеса: ТЕС, 2014. – 484 с.
4. Линслей Р.К. Прикладная гидрология / Р.К. Линслей, М.А. Колер, Д.Л.Х. Паулюс. - Л., 1962. – 758 с.
5. Указания по определению расчетных максимальных расходов талых вод при отсутствии или недостаточности гидрометрических наблюдений СН 356-66. –Л., 1966. – 16 с.
6. Бефани А.Н. Основы теории ливневого стока / Бефани А.Н. -М., 1958. – 309 с.
7. Бефани А.Н. Региональные модели формирования паводочного стока на территории СССР / А.Н. Бефани, Н.Ф. Бефани, Е.Д. Гопченко. – Обнинск, 1981. – 60 с.
8. Гопченко Е.Д., Нормирование характеристик максимального стока весеннего половодья на реках Причерноморской низменности / Е.Д. Гопченко, М.Е. Романчук. – Київ, 2005. – 148 с.
9. Гопченко Е.Д. О редукции максимальных модулей дождевого стока по площади / Е.Д. Гопченко // Метеорология и гидрология. – 1975. – №2. – С. 66-71.
10. Руководство по определению расчетных гидрологических характеристик. Л., 1973. – 111 с.
11. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Л., 1984. – 447 с.

REFERENCES

1. Sokolovskiy D.L. *Rechnoj stok* [River Runoff]. Leningrad, 1968. 538 p.
2. Gopchenko E.D., Kichuk N.S. *Hidrolohija, hidrochimija i hidroekolohija - Hydrology, hydrochemistry and hydroecology,* 2014, no.3 (34), pp. 16-24. (In Ukrainian).
3. Gopchenko E.D. *Hidrolohichni rozrakhunky* [Hydrological calculations]. Odessa, 2014. – 484 p.
4. Linsley R.K., Kohler M.A., Paulhus J.L.H. *Prikladnaya gidrologia* [Applied Hydrology]. Leningrad, 1962. 760 p.
5. *Ukazaniya po opredeleniyu raschetnykh maksimal'nykh raskhodov talykh vod pri otsutstvii ili nedostatochnosti gidrometricheskikh nablyudeniy SN 356-66* [Instructions for determining the calculated maximum discharge of meltsnow in the absence or insufficiency of hydrometric observations SN 356-66]. Leningrad, 1966. 16 p.
6. Befani A.N. *Osnovy teorii livnevogo stoka* [Foundations of the theory storm runoff]. Moscow, 1958. 309 p.
7. Befani A.N., Befani N.F., Gopchenko E.D. *Regional'nye modeli formirovaniya pavodochnogo stoka na territorii SSSR* [Regional models of formation of peak flow in the USSR]. Obninsk, 1981. 60 p.
8. Gopchenko E.D., Romanchuk M.E. *Normirovanie kharakteristik maksimal'nogo stoka vesennego polovod'ya na rekakh Prichernonorskoy nizmennosti* [Normalization of peak flow characteristics of spring floods on the rivers of the Black Sea Lowland]. Kyiv, 2005. 148 p.
9. Gopchenko E.D. *Meteorologija i gidrologija – Meteorology and Hydrology,* 1975, no.2, pp. 66-71. (In Russian).
10. *Rukovodstvo po opredeniyu raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik* [Guidance on determing calculated hydrological characteristics]. Leningrad, 1973. 111 p.
11. *Posobie po opredeleniyu raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik* [Resource Manual to the definition of the calculated hydrological characteristics]. Leningrad, 1984. 447 p.

DEVELOPMENT OF CALCULATED AND NORMATIVE FRAMEWORK IN THE FIELD OF MAXIMUM RUNOFF OF RAIN AND SPRING FLOOD: PROBLEMS AND POSSIBLE SOLUTIONS

E.D. Gopchenko, Dr. Sci. (Geogr.), Prof.,
M.E. Romanchuk, PhD, Assoc. Prof.,
V.A. Ovcharuk, PhD, Assoc. Prof.

Odessa State Environmental University,
15, Lvivska St., 65016 Odessa, Ukraine, valeri.o@mail.ru

The article deals with the problematic issues related to the definition of the design characteristics of the maximum runoff of rain and spring floods the rare probability of exceedance in the case absence of direct

observations for hydrological regime of rivers. A brief review of foreign and domestic methods to determine the maximum runoff of the rivers is discussed. A new calculated and normative framework based on the theory of channel isochronous with using geometric model of slope and streamflow hydrographs are proposed. The formulas proposed by the authors is recommended for practical use, as a supplement to a new regulatory document, which is being developed in Ukraine.

Keywords: maximum runoff, rain floods, spring floods, the design characteristics, layers runoff, transformation function of flood waves, river bed network, the channel-floodplain regulation**.**

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАСЧЕТНО-НОРМАТИВНИЙ БАЗЫ В ОБЛАСТИ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКА ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ И ВЕСЕННИХ ПОЛОВОДИЙ: ПРОБЛЕМЫ И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Е.Д. Гопченко, д.геогр.н., проф.,
М.Е. Романчук, к.геогр.н., доц.,
В.А. Овчарук, к.геогр.н., доц.

Одесский государственный экологический университет,
ул. Львовская, 15, 65016, Одесса, Украина, valeri.o@mail.ru

В статье рассматриваются проблемные вопросы, в той или иной мере связанные с определением расчетных характеристик максимального стока дождевых паводков и весенних половодий редкой вероятности превышения при отсутствии непосредственных временних рядов наблюдений за гидрологическим режимом рек.

Ключевые слова: максимальный сток, дождевые паводки, весеннее половодье, расчетные характеристики, слои стока, трансформационные функции паводочных волн, русловая сеть, руслопойменное регулирование паводков.

Дата першого подання.: **02.09.2015**
Дата надходження остаточної версії : **15.10.2015**
Дата публікації статті : **26.11.2015**