

УДК : 556.166

**МАКСИМАЛЬНИЙ СТІК ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ В БАСЕЙНІ РІЧКИ СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ****Є. Д. Гопченко**, д.геогр.н, проф., **І. О. Грушківська**, магістр*Одеський державний екологічний університет  
вул. Львівська, 15, 65016, Одеса, Україна, irina.grushkovskaya@ukr.net*

У статті надається обґрунтування структури розрахункової формули максимального стоку, заснованої на геометричній моделі руслових гідрографів одномодальних паводків. На відміну від діючого нормативного документу СНіП 2.01.14-83, в ній реалізується природний процес трансформації «схиловий приплив-русловий стік». Запропонована і реалізована науково-методична база з визначення невимірюваних параметрів схилового припливу при формуванні дощових паводків (тимчасової нерівномірності і тривалості).

**Ключові слова:** паводки, ймовірність перевищення, забезпеченість, крива забезпеченості забезпеченостей.

**1. ВСТУП**

Актуальність проблеми паводкового стоку зумовлена тим, що в періоди високих вод на річках можливе затоплення територій і населених пунктів, тобто паводки можуть мати велику висоту і руйнівну силу, завдаючи значної матеріальної шкоди народному господарству. Це потребує надійного розрахунку і прогнозу високого стоку для проектування і будівництва протиповеневих водосховищ і захисних споруд. Дощовий стік може становити дуже істотну, іноді переважну частину водних ресурсів регіонів. Регулювання максимального стоку може правильно здійснюватись тільки на основі надійної методики розрахунку його характеристик.

Об'єктом дослідження є максимальні витрати води і шари паводкового стоку в басейні р. Сіверський Донець за весь період спостережень (до 2010 р. включно).

**2. СУЧАСНИЙ СТАН ПО РОЗРАХУНКАХ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ**

Розрахункові формули максимального стоку дощових паводків досить численні, а історія їх розвитку сягає ще другої половини XIX ст., тобто з початку інтенсивного будівництва в Росії залізниць.

За характером і змістом ці формули Д. Л. Соколовський [1] пропонує поділити на чотири групи:

1) формули, основані на розрахунку максимальної інтенсивності дощу за час добігання, які враховують лише одну фазу паводка, а саме фазу максимуму;

2) формули редуційного типу (емпіричні й напівемпіричні), що враховують у явній формі редуцію максимальних модулів стоку залежно від площі водозбору або часу добігання;

3) формули й методи розрахунків, основані на гідромеханічних теоріях поверхневого стікання;

4) об'ємні формули, в яких пов'язуються максимальні витрати води з об'ємом, формою і тривалістю паводків.

З іншого боку, Є. Д. Гопченко [2, 3, 4] пропонує умовно поділити ці формули лише на дві групи. До першої ним віднесені ті з них, які побудовані на ос-

нові схематизації схилових й руслових гідрографів стоку або тільки руслових. Другу групу складають методи, що спираються на спрощену гідромеханічну теорію формування максимального стоку. І ті, й інші підходи однаковою мірою застосовуються як для дощових паводків, так і для весняного водопілля. У [3, 4] показано, що з геометричної схематизації гідрографів схилового й руслового стоку можна визначити загальний структурний вираз вигляду

$$q_m = \left[ k_0 Y_m / \left( 1 + \frac{t_p}{T_0} \right) \right] k_m k_n, \quad (1)$$

де  $k_0$  – коефіцієнт схилової трансформації, що дорівнює

$$k_0 = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0}, \quad (2)$$

$Y_m$  – загальний шар припливу води зі схилів у руслову мережу;  $t_p$  – тривалість руслового добігання;  $(n+1)/n$  – коефіцієнт часової нерівномірності схилового припливу;  $k_m$  – редуційний коефіцієнт, зумовлений трансформацією форми гідрографів;  $T_0$  – тривалість схилового припливу;  $T_n$  – тривалість паводків(водопіль);  $k_n$  – коефіцієнт русло-заплавного регулювання

За умови осереднення по території тривалості припливу  $T_0$  структура (1) спрощується до рівня:

$$q_m = \frac{k_0 Y_m}{(F+1)^n}. \quad (3)$$

Вираз (3) покладено в основу СНіП 2.01.14-83 [5] для нормування характеристик максимального стоку весняного водопілля.

Якщо по території можна осереднити ще й шар стоку  $Y_m$ , то (3) набуде вигляду

$$q_m = \frac{q'_m}{(F+1)^{n_2}}. \quad (4)$$

К. П. Воскресенський [6] і О. О. Соколов (1970), досліджуючи редукцію максимального стоку талих вод на малих водозборах, виявили її вповільнення, порівняно із середніми й великими водозборами. Для усунення нелінійності залежностей  $\lg q_m/Y_m = f[\lg(F+1)]$  в області малих площ ними рекомендовано в знаменник (3) ввести додаток  $c$  до площі  $F$ . Тоді

$$q_m = k_0 Y_m / (F + c)^{n_1} \quad (5)$$

Такий прийом є недостатньо обґрунтованим, тому що при цьому наявна невідповідність структури (5) верхньому граничному значенню максимального модуля  $q_m = k_0 Y_m$  (при  $F=0$ ).

### 3. ФОРМУЛИ, ЗАСНОВАНІ НА ГІДРОМЕХАНІЧНИХ ТЕОРІЯХ ФОРМУВАННЯ СТОКУ

У загальній постановці модель формування паводкового стоку запропонував М. А. Великанов [7]. В основу її покладена теорія стаціонарних ізохрон схилового добігання. Інтегральне рівняння, яке описує часовий хід стоку, мало вигляд

$$Q_t = \int_0^{\tau} (h - p) \frac{\partial \omega}{\partial \tau} d\tau \quad (6)$$

де  $\omega$  – площа між суміжними ізохронами добігання;  $h$  – інтенсивність опадів;  $\tau$  – тривалість схилового добігання;  $p$  – інтенсивність вбирання води в ґрунт.

Реалізувати запропоновану теоретичну схему виявилось досить складно і, головним чином, через нестационарність схилового стоку, зумовлену значною мінливістю шорсткості поверхні схилів за довжиною й у часі. Тому «генетична» формула М. А. Великанова більш широкого розвитку набула у застосуванні її до руслового стоку.

Щодо схилового стоку, то більш корисною виявилась балансова модель поверхневого стоку А. М. Бефані [8].

Для руслового стоку А. М. Бефані [8], виходячи з теорії руслових ізохрон, запропонував рівняння вигляду

$$V_0 \frac{\partial \omega}{\partial x} + \frac{\partial \omega}{\partial t} = \alpha Q_t' B_t \quad (7)$$

де  $\omega$  – сумарна площа живого перерізу всіх руслових потоків, узятя в момент  $t$  у створі ізохрони, віддаленої на відстань  $x$  від витoku;  $Q_t'$  – бічний приплив на одиницю довжини будь-якого русла;  $B_t$  – ширина водозборів за ізохронами руслового добігання;  $\alpha$  – коефіцієнт густоти гідрографічної мережі.

Інтегрування (7) за початкових ( $t=0$ ;  $\omega=0$ ) і граничних ( $x=0$ ;  $\omega=0$ ) умов дало змогу одержати рівняння стосовно максимального модуля стоку в узагальненому вигляді

$$q_m = (Y_m / t_p) \rho k_c \quad (8)$$

де  $\varphi = Y_p / Y_m$  – коефіцієнт «діючого» шару стоку;  $k_c$  – гідрографічний коефіцієнт, який при  $t_p < T_0$  набуває значення  $k_1$ , а при  $t_p \geq T_0$  –  $k_2$ .

Структура (8) поширена як для паводків, так і для водопіль.

### 4. СУЧАСНА НОРМАТИВНА БАЗА ІЗ РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИК МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ (СНІП 2.01.14 - 83)

Нормативні рекомендації є узагальненням багаторічного досвіду в галузі теорії і практики гідрологічних розрахунків, накопиченого науково-дослідними та проектними установами. В них використані методи і практичні прийоми, якими слід керуватися під час будівничого проектування за наявності матеріалів спостережень, при недостатній тривалості часових рядів, а також за їх відсутності в пунктах проектування.

Залежно від розміру водозборів для розрахунку максимальних витрат води дощових паводків у СНІП 2.01.14-83 рекомендуються різні структури. Так, при  $F > 200 \text{ км}^2$  необхідно користуватися формулою редукційного типу [5]

$$Q_p = q_p F = \frac{q_{200}}{(F/200)^{n_1}} \lambda_p \delta_1 \delta_2 \delta_3 \quad (9)$$

де  $q_{200}$  – модуль максимальної миттєвої витрати води щорічної ймовірності перевищення  $P=1\%$  (при  $\delta_1=\delta_2=\delta_3=1$ ), приведений до умовної площі водозбору, що дорівнює  $200 \text{ км}^2$ ;  $\lambda_p$  – перехідний коефіцієнт від максимальних миттєвих витрат води щорічної ймовірності перевищення  $P=1\%$  до максимальних витрат води інших ймовірностей перевищення  $P\%$ ;  $\delta_1$  – коефіцієнт для врахування впливу водойм проточного типу;  $\delta_2$  – коефіцієнт, що враховує зниження максимальних витрат води під впливом заболоченості водозборів;  $\delta_3$  – коефіцієнт для врахування зниження максимальних витрат води під впливом агротехнічних заходів.

При  $F \leq 200 \text{ км}^2$  застосовується формула граничної інтенсивності

$$q_{P\%} = A_{1\%} H_{1\%}' \eta \delta \lambda_{P\%} \quad (10)$$

де  $q_{P\%}$  – максимальний модуль паводкового стоку забезпеченістю  $P\%$  (мм);  $A_{1\%} = 16,67 \overline{\psi}(\tau)$  – ординати редукційної кривої середньої інтенсивності опадів у часі (мм/хв) забезпеченістю  $P=1\%$ ;  $H_{1\%}'$  – добовий максимум опадів теплої періоду забезпеченістю  $P=1\%$  (мм);  $\eta$  – збірний коефіцієнт паводкового стоку;  $\delta$  – коефіцієнт зарегулювання дощових паводків проточними водоймами;  $\lambda_{P\%}$  – коефіцієнт забезпеченості;  $\tau$  – розрахункова тривалість дощових опадів, причому

$$\tau = 1,2t_p^{1,1} + t_{cx}, \quad (11)$$

$t_p$  - тривалість руслового добігання, хв;  $t_{cx}$  - тривалість схилового добігання, хв.

З (9) і (10) очевидно, що один і той же процес трансформації схилового припливу у русловий стік описується рівняннями, які різняться не лише за структурою, але й за вихідною теоретичною моделлю.

##### 5. МЕТОДИКА, ЯКА ПРОПОНУЄТЬСЯ ДЛЯ НОРМУВАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ В БАСЕЙНІ Р.СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ

Високі дощові паводки, як правило, мають одномодальну форму. Якщо їх представити у вибірці від максимального значення, то рівняння такого гідрографа буде мати вигляд [4, 9]

$$q_t = q_m \left[ 1 - \left( \frac{t}{T_n} \right)^m \right]. \quad (12)$$

Після його проінтегрування по  $T_n$

$$q_m = \frac{m+1}{m} \frac{Y_m}{T_n}, \quad (13)$$

де  $(m+1)/m$  - коефіцієнт часової нерівномірності руслового стоку;  $Y_m$  - шар стоку за паводок;  $T_n$  - тривалість паводка;  $q_m$  - максимальний модуль стоку.

Виходячи з (13), є можливість для кожного водозбору встановити коефіцієнт часової нерівномірності руслового стоку  $(m+1)/m$ . В середньому

$$\frac{m+1}{m} = \frac{\bar{Q}_m \bar{T}_n}{\bar{Y}_m F} 86,4, \quad (14)$$

де  $\bar{Q}_m$  - середня багаторічна максимальна миттєва витрата води, м<sup>3</sup>/с;  $\bar{T}_n$  - середня багаторічна тривалість дощових паводків, д;  $\bar{Y}_m$  - середній багаторічний шар паводкового стоку, мм;  $F$  - площа водозборів, км<sup>2</sup>; 86,4 - коефіцієнт розмірності.

Узагальнення коефіцієнтів часової нерівномірності руслового стоку здійснено у вигляді залежності  $(m+1)/m = f[\lg(F+1)]$ . Описується вона рівнянням

$$(m+1)/m = (n+1)/n - b \lg(F+1). \quad (15)$$

Для приведення (13) до операторного вигляду «схиловий приплив - русловий стік» домножимо чисельник і знаменник на  $k_0$  [5]

$$k_0 = [(n+1)/n] \cdot (1/T_0), \quad (16)$$

де  $(n+1)/n$  - коефіцієнт часової нерівномірності схилового припливу;  $T_0$  - тривалість схилового

припливу.

З використанням (16) у розрахунковому вигляді формулу для визначення максимальних модулів паводкового стоку забезпеченістю  $P\%$  в басейні р.Сіверський Донець (13) можна представити в редакції

$$q_{1\%} = q'_{1\%} k_m k_n \lambda_p \delta, \quad (17)$$

де  $q'_{1\%}$  - максимальний модуль схилового припливу

$$q'_{1\%} = 0,28 \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_{1\%}, \quad (18)$$

$\lambda_p$  - коефіцієнт забезпеченості;  $\delta$  - коефіцієнт зарегулювання паводків озерами, водосховищами і ставками руслового типу;  $k_m = \frac{m+1}{m} / \frac{n+1}{n}$  - коефіцієнт трансформації форми руслових гідрографів;  $k_n = T_0/T_n$  - коефіцієнт русло-заплавного регулювання.

Структура (17) з урахуванням (18) дає змогу визначити невідомі параметри  $T_0$  і  $k_n$ , які в системі гідрометеорологічної служби поки що не підлягають вимірюванню.

З цією метою (18) підставимо в (17), допускаючи  $\lambda_p$  і  $\delta$  рівними одиниці.

Тоді

$$q_{1\%} = 0,28 \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_{1\%} k_n k_m. \quad (19)$$

Відносно  $T_0$  (19) переписується у вигляді

$$T_0 = 0,28 \frac{n+1}{n} \frac{Y_{1\%}}{q_{1\%}} k_n k_m. \quad (20)$$

На жаль, безпосередньо скористатись (20) для визначення  $T_0$  неможливо, оскільки воно є не з одним, а з двома невідомими -  $T_0$  і  $k_n$ .

Для подолання цих труднощів пропонується обчислювальна процедура з накладанням обмежень на першому етапі на параметр  $k_n$ , який береться рівним одиниці, що відповідає  $F=0$ .

З врахуванням цього припущення рівняння (20) набуде вигляду

$$T_0 = 0,28 \frac{n+1}{n} \frac{Y_{1\%}}{q_{1\%}} k_m. \quad (21)$$

Розрахунок за цією схемою величини  $T_0$  представляється у вигляді залежності  $T_0 = f[\lg(F+1)]$ .

Прийняття на першому етапі  $k_n=1$  сприяє збільшенню масштабу  $T_0$ , порівняно з їх фактичними значеннями.

Якщо на залежності  $T_0 = f[\lg(F+1)]$  провести

лінію зв'язку, то при  $F=0$ , одержимо середнє регіональнє значення тривалості схилового припливу  $(T_0)_1$ .

За цим значенням тепер можна з (19) визначити  $k_n$  для всіх водозборів, а саме

$$k_n = \frac{q_{1\%}(T_0)_1}{0,28 \frac{n+1}{n} Y_{1\%} k_m} \quad (22)$$

Оскільки коефіцієнт русло-заплавного зарегулювання паводків має верхньою межею  $k_n=1$  при  $F=0$ , то побудувавши залежність  $k_n = f[\lg(F+1)]$ , її можна описати рівнянням

$$k_n = e^{-a \lg(F+1)} \quad (23)$$

Визначивши регіональну залежність  $k_n = f[\lg(F+1)]$ , на другому етапі тепер можна обчислити за (20) для всіх водозборів пошукові значення  $T_0$  і приступити до їх просторового узагальнення.

### 6. РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ МЕТОДИКИ НА МАТЕРІАЛАХ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ В БАСЕЙНІ Р. СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ

Сіверський Донець бере свій початок за кордонами України в Белгородській області на схилах Середньоруської височини. Загальна довжина річки становить 1053 км, з них на території України – 750 км, площа басейну - 98 900 км<sup>2</sup>. Це найбільша права притока Дону та найбільша річка східної України. Вся територія басейну Сіверського Дінця розташована в двох зонах – лісостеповій та степовій. На заході межа району проходить по вододілу Дніпра, на півночі та сході – по вододілу р. Дон.

Статистична обробка часових рядів максимальних витрат води і шарів стоку дощових паводків в басейні р. Сіверський Донець була виконана за двома методами: моментів і найбільшої правдоподібності.

В середньому співвідношення  $C_s / C_v$  для рядів максимальних витрат води становить 3,5, а для шарів паводкового стоку - 2,5.

Для обчислення максимальних витрат води та шарів стоку різної забезпеченості використовувалася крива трипараметричного гама-розподілу С. Н. Крицкого і М. Ф. Менкеля та метод найбільшої правдоподібності при встановленні статистичних параметрів (середніх, коефіцієнтів варіації і співвідношення  $C_s / C_v$ ).

Для зручності зазвичай в якості опорної забезпеченості в розрахункових методиках використовується  $P=1\%$ , а для інших забезпеченостей складаються таблиці перехідних коефіцієнтів  $\lambda_p$ . Для досліджуваного об'єкта вони наведені у табл. 1 і 2.

Таблиця 1 – Коефіцієнти забезпеченості  $\lambda_p$  (для максимальних витрат води)

P %	1,0	3,0	5,0	10,0
$\lambda_p$	1,0	0,68	0,55	0,4

Таблиця 2 – Коефіцієнти забезпеченості  $\lambda_p$  (для шарів паводкового стоку)

P %	1,0	3,0	5,0	10,0
$\lambda_p$	1,00	0,73	0,61	0,47

Середня квадратична похибка обчислених витрат води забезпеченістю  $P=1\%$  становить 22,4%, що дещо перевищує вимоги нормативного документу СНІП 2.01.14-83.

Враховуючи просторову неоднорідність дощових паводків, для уточнення розрахункових витрат води і шарів стоку була застосована крива забезпеченості забезпеченостей [10]. Для екстремально високих паводків використано рівняння

$$P_{Px} = 1 - [1 - P(x)]^n \quad (24)$$

де  $P_{Px}$  - забезпеченість забезпеченості часової ознаки у просторі

$$P_{Px} = \frac{m}{N+1} * 100, \quad (25)$$

$N$  - кількість об'єктів (водозборів);  $m$  - порядковий номер спадного ряду.

Відносно забезпеченостей ознак розподілу у відповідних часових рядах, як видно з (24)

$$P_x = [1 - (1 - P_{Px})^{1/n}] * 100, \quad (26)$$

де  $n$  - середня тривалість спостережень.

Незважаючи на те, що максимальні модулі  $q_m$  є питомою характеристикою водозборів, під впливом ефектів русло-заплавної трансформації паводків і водопілля відбувається редукція  $q_m$  і зростанням площі  $F$ .

Подібна залежність для Сіверського Дінця наводиться на рис. 1.

Вона має вигляд

$$q_m = 1,26 / (F + 1)^{0,54} \quad (27)$$

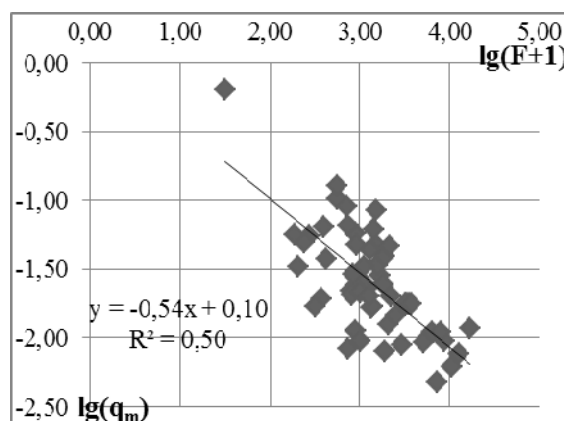


Рис. 1 – Залежність максимальних модулів стоку  $q_m$  від розміру водозборів.

В чисельнику (27) - осереднене значення  $\overline{q'_m}$  для всього басейну. У загальному вигляді

$$q_m = q'_m / (F + 1)^{0,54} . \quad (28)$$

З (28) для кожного водозбору  $q'_m$  буде дорівнювати

$$q'_m = (F + 1)^{0,54} q_m . \quad (29)$$

Таким чином було сформовано вибірку з  $q'_m$  тривалістю  $N=54$ .

Значення  $q'_m$  змінюються від  $4,46 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$  до  $0,30 \text{ м}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ . Для ранжованого ряду  $q'_m$  за (25) були розраховані спочатку забезпеченості  $P_{px}$ , а потім шляхом використання (26) - й забезпеченості  $P_x$ .

За величинами  $q'_m$  і  $P_x$  побудована крива забезпеченості, яка наводиться на рис.2.

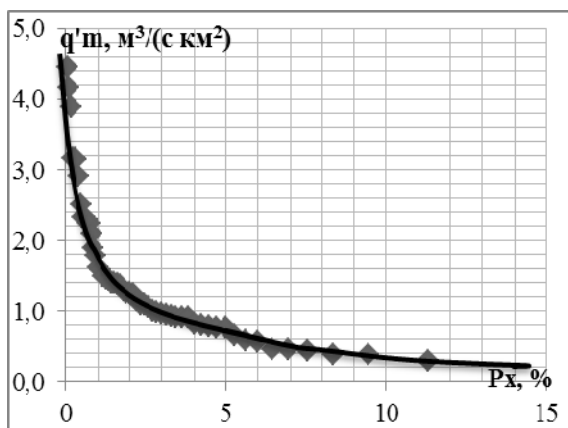


Рис. 2 – Крива забезпеченості забезпеченостей максимальних модулів стоку  $q'_m$

Шляхом її згладжування проведена емпірична крива  $q'_m = f(P_x)$ .

Для опорної забезпеченості  $P=1\%$  значення максимального модуля схилового припливу  $\overline{q'_{1\%}}$  дорівнює 1,75.

Таким чином, для забезпеченості  $P=1\%$  розраховані модулі  $q_{1\%}$  будуть становити

$$q_{1\%} = 1,75 / (F + 1)^{0,54} . \quad (30)$$

За такою схемою усі вихідні дані по максимальних модулях стоку приведені до опорної забезпеченості  $P=1\%$ .

За тією ж схемою, що й максимальні витрати води, була здійснена статистична обробка часових рядів шарів паводкового стоку  $Y_m$ .

Емпірична крива забезпеченості  $Y'_m = f(P_x)$  пред-

ставлена на рис.3.

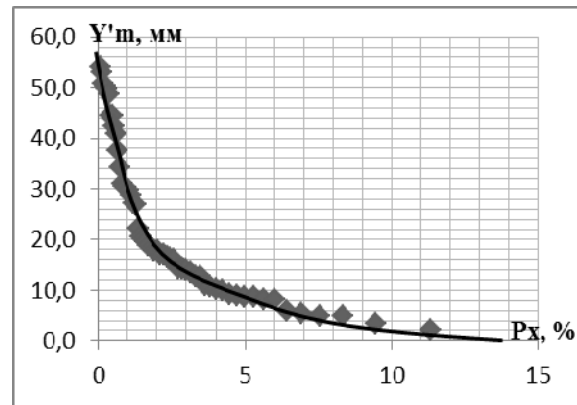


Рис. 3 – Крива забезпеченості шарів стоку  $Y'_m$ , приведених до  $F=0$

Уточнення розрахункових шарів паводкового стоку  $Y_{1\%}$  було здійснено за рівнянням

$$Y_{1\%} = 29,0 / (F + 1)^{0,10} . \quad (31)$$

Змінюються  $Y_{1\%}$  від 20,5 мм до 11,0 мм.

Статистика Гауса  $\sigma_{Y_{1\%}} / \rho_{Y_{1\%}} = 1,69 / 1,25 = 1,35$ , що майже співпадає з його теоретичним значенням ( $\sigma / \rho \approx 1,25$ ).

Виходячи з цих даних, параметр  $Y_{1\%}$  в басейні р. Сіверський Донець підлягає осередненню і за сукупністю 54 водозборів його регіональне значення забезпеченістю  $P=1\%$  становить 14,2 мм.

## 7 ОБґРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОЗРАХУНКОВОЇ ФОРМУЛИ (17)

Модуль схилового припливу є базовою характеристикою в усіх формулах максимального стоку паводків і водопіль і описується рівнянням (18).

Коефіцієнт часової нерівномірності  $(n+1)/n$  визначався за даними гідрологічної мережі, зокрема, на основі залежності (15)

$$\frac{n+1}{n} = \left( \frac{m+1}{m} \right)_{F=0} = 4,66 . \quad (32)$$

Осереднений по басейну шар стоку  $Y_{1\%} = 14,2$  мм.

Коефіцієнт трансформації форми гідрографів  $k_m$  в формулі (17) є відношення  $\frac{m+1}{m} / \frac{n+1}{n}$  і описується рівнянням

$$k_m = 1 - 0,18 \lg(F + 1) . \quad (33)$$

На жаль, ні сам модуль  $q'_{1\%}$  через відсутність коефіцієнтів часової нерівномірності  $(n+1)/n$  і тривалість схилового припливу  $T_0$ , а також коефіцієнти руслозаплавного регулювання паводків  $k_n$ , безпосередньо не вимірюються.

Тому нами вони визначались оберненим шляхом в

структури формули (17).

Визначене оберненим шляхом  $T_0$  дало змогу встановити середню для басейну тривалість схилового припливу  $(T_0)_1 = 10,6$  год.

Узагальнені коефіцієнти  $k_n$  по території в залежності від площі водозборів описуються рівнянням експоненційного вигляду

$$\begin{aligned} k_n &= e^{-1,011g(F+1)}; \\ r &= 0,99. \end{aligned} \quad (34)$$

Тепер, маючи залежність для  $k_n$  (34), з рівняння (17) можна визначити  $T_0$  у другому наближенні.

Змінюються  $T_0$  від 11,4 год (р. Хотімля – с. Гарашківка, р. Бабка – с. П'ятницьке, р. Лопань – смт Козача Лопань, р. Ломоватка – ст. Алмазна) до 9,2 год (р. Сіверський Донець - м. Зміїв).

За критерієм Гауса,  $\sigma_{T_0} / \rho_{T_0} = 1,36$ , що свідчить про випадковість просторового розподілу  $T_0$ .

Таким чином, як і шари стоку  $Y_{1\%}$ , тривалості схилового припливу  $T_0$  підлягають осередненню у межах басейну р. Сіверський Донець.

Осереднене значення тривалості схилового припливу для річок басейну р. Сіверський Донець дорівнює 10,8 год.

## 8 ВИСНОВКИ

В результаті аналізу нормативної бази щодо розрахунку характеристик паводкового стоку річок України авторами для басейну р. Сіверський Донець використана більш досконала, на наш погляд, теоретична база, яка спирається на геометричну модель гідрографів високих дощових паводків.

На відміну від діючого нормативного документу СНіП 2.01.14-83, в ній реалізується природний процес трансформації «схиловий приплив-русовий стік».

Запропонована і реалізована науково-методична база щодо визначення невимірюваних параметрів схилового припливу під час формування дощових паводків (часової нерівномірності і тривалості) і русло-заплавного зарегулювання може використовуватись й для інших регіонів.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Соколовский Д. Л. Речной сток / Д. Л. Соколовский. – Л.: Гидрометеоздат, 1968. – 538 с.
2. Гопченко Е. Д. Гидрология суши з основами водних меліорацій: [навч. посібник] / Е. Д. Гопченко, О. В. Гушля. – К.: ІСДО, 1994. – 296 с.
3. Гопченко Е. Д. Формирование максимального стока весеннего половодья в условиях юга Украины / Е. Д. Гопченко, В. А. Овчарук. – Одесса, ТЭС, 2002. – 110 с.

4. Гопченко Е. Д. Нормирование характеристик максимального стока весеннего половодья на реках Причерноморской низменности / Е. Д. Гопченко, М. Е. Романчук. – К.: КНТ, 2005. – 148 с.
5. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 448 с.
6. Воскресенский К. П. Гидрологические расчеты при проектировании сооружений на малых реках, ручьях и временных водотоках / К. П. Воскресенский. – Л.: Гидрометеоздат, 1956. – 467 с.
7. Великанов М. А. Гидрология суши / М. А. Великанов. – Л.: Гидрометеоздат, 1948. – 526 с.
8. Бефани А. Н. Основы теории ливневого стока // Труды ОГМИ. – Вып. XIV. – 1958. – 309 с.
9. Бефани А. Н. Региональные модели деформирования стока на территории СССР / А. Н. Бефани, Н. Ф. Бефани, Е. Д. Гопченко. – Обнинск, 1981. – 60 с.
10. Калинин Г. П. Проблемы глобальной гидрологии / Г. П. Калинин. – Л.: Гидрометеоздат, 1968. – 374 с.

## REFERENCES

1. Sokolovskiy D. L. *Rechnoy stok* [River runoff]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1968. 538 p.
2. Gopchenko E. D., Gushlja O. V. *Gidrologija sushi z osnovamy vodnyh melioracij: Navch. posibnyk* [Hydrology land reclamation of water with the basics]. Kiev: ISDO Publ., 1994. 296 p.
3. Gopchenko E. D., Ovcharuk V. A. *Formirovanie maksimal'nogo stoka vesennego polovod'ya v usloviyakh yuga Ukrainy* [Formation of the peak flow of spring floods in Southern Ukraine]. Odessa, TES, 2002. 110 p.
4. Gopchenko E. D., Romanchuk M. E. *Normirovanie kharakteristik maksimal'nogo stoka vesennego polovod'ya na rekakh Prichernomorskoy nizmennosti* [Normalization of peak flow characteristics of spring floods on the rivers of the Black Sea Lowland]. Kiev: KNT, 2005. 48 p.
5. *Posobie po opredeleniyu raschetnykh gidro-logicheskikh kharakteristik* [Manual for the definition of the calculated hydrological characteristics]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1984. 448 p.
6. Voskresenskiy K. P. *Gidrologicheskie raschety pri proektirovanii sooruzheniy na malykh rekakh, ruchyakh i vremennykh vodotokakh* [Hydrologic calculations when designing structures on small rivers, streams and ephemeral streams]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1956. 467 p.
7. Velikanov M. A. *Gidrologiya sushi* [Hydrology]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1948. 526 p.
8. Befani A. N. *Osnovy teorii livnovegogo stoka* [Fundamentals of the theory of storm water]. *Trudy Odesskogo gidrometeorologicheskogo instituta* [Proceedings of the Odessa Hydrometeorological Institute]. Issue XIV, 1958, 309 p.
9. Befani A. N., Befani N. F., Gopchenko E. D. *Regional'nye modeli deformirovaniya stoku na teritorii SSSR* [Regional models of deformation drain on the territory of the USSR]. Obninsk, 1981. 60 p.
10. Kalinin G. P. *Problemy global'noy gidrologii* [Problems of global hydrology]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1968. 374 p.

## МАКСИМАЛЬНЫЙ СТОК ДОЖДЕВЫХ ПАВОДКОВ В БАССЕЙНЕ РЕКИ СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ

Е. Д. Гопченко, д.геогр.н, проф., И.О. Грушковская, магистр

*Одесский государственный экологический университет, ул. Львовская, 15, 65016, Одесса, Украина*

В статье приводится обоснование структуры расчетной формулы максимального стока, основанной на геометрической модели русловых гидрографов одномодальных паводков. В отличие от действующего нормативного документа СНиП 2.01.14-83, в ней реализуется природный процесс трансформации «склоновый приток – русловой сток». Предложена и реализована научно-методическая база по определению неизмеряемых параметров склонового притока при формировании дождевых паводков (временной неравномерности и продолжительности).

**Ключевые слова:** паводки, вероятность превышения, обеспеченность, кривая обеспеченности обеспеченностей.

## MAXIMUM FLOW OF RAIN FLOODS INTO THE RIVER BASIN OF THE SIVERSKY DONETS

E.D.Gopchenko, d.g.s., prof., I.O.Hrushkovska, master

*Odessa State Environmental University, 15, Lvivska St., 65016 Odessa, Ukraine*

*Introduction.* As you know, rain floods belong to natural phenomena of nature, which are associated with the destruction of railways, flooding areas and commercial facilities. However the existing legal framework for the calculation of maximum flow isn't perfect and requires some development.

*The purpose.* Improvement of calculation method for the establishment of maximum flow characteristics of rare probability of exceeding.

*Methods.* The foundation of the calculation method is based on the form of a geometric model unimodal runoff hydrographs spring flood. Some parameters are defined with the help of calculation procedures (in determining the of the slope coefficient of inflow and coefficient floodplain-regulation of the channel), as a result regionalization of some of them.

*Results.* The calculation formula for determining the maximum runoff spring flood was justified, it is realized on the observations in the basin of the Seversky Donets.

*Conclusion.* This scientific and methodological framework can be used to develop calculation schemes of maximum runoff waters and floods, and the results obtained from basin of the Seversky Donets River - can be directly used in practice.

**Keywords:** floods, exceedance probability, security, probability probability curve.

*Дата першого представлення:* 21.04.15

*Дата надходження кінцевої версії:* 15.06.15

*Дата публікації статті:* 24.09.2015