

Гонцій М.В., Гонченко Є.Д.

Одеський державний екологічний університет

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ НА РІЧКАХ ПРИКАРПАТТЯ

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

Вступ. Загально відомо, що проблема води для людства стоїть на першому місці. Водні проблеми виникають в чотирьох випадках: коли води немає або її недостатньо; коли якість води не відповідає соціальним, екологічним і господарським вимогам; коли режим водних об'єктів не відповідає оптимальному функціонуванню екосистем, а режим її подачі споживачам не відповідає соціальним і економічним вимогам населення і, нарешті, коли від надлишку води обжиті території страждають від повеней [1]. Тому при плануванні і здійсненні протипаводкових заходів на перший план виходять задачі управління, спрямовані на створення комплексного механізму адміністративного і економічного регулювання використання затоплюваних територій. Доцільним є створення нових методів для розрахунків і прогнозів параметрів повеней і управління пов'язаних з ними ризиками, які враховують специфіку екстремальних процесів, їх просторову структуру і комплексний характер дії. Ці моделі повинні бути достатньо простими, але й універсальними, щоб їх можна було застосовувати як дійсно корисний гідрологічний інструментарій в широкій інженерній практиці.

Матеріали і метод дослідження. Для вирішення дуже важливого за значенням питання для населення було здійснено дослідження та аналіз гідрологічного режиму річок Прикарпаття. Основним джерелом води для Прикарпаття є річки басейну Дністра. Відповідно до орографічних і кліматичних особливостей басейн поділяється на три частини: Карпатську, Волино-Подільську і нижню, або південну [2]. Карпатська, гірська частина басейну, є верхньою правобережною складовою водозбору (до впадіння р. Бистриці) з сильно розвинутою гідрографічною мережею) і є головною областю формування стоку р. Дністер. Підвищена злизова діяльність на північно-східних схилах Карпатських гір обумовлює виникнення зливових паводків, які часто повторюються, і складають характерну особливість режиму Дністра, рівно як й інших річок району, що беруть початок в Карпатах. Частіше за все найвищими в році є рівні під час дощових паводків, і лише в роки із значними снігозапасами і в посушливі періоди, коли влітку опадів випадає менше норми, дощові максимуми не перевищують весняних. Для цього регіону характерна наявність дощових паводків в теплий період і змішаного походження - в холодний.

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

Для обґрунтування параметрів запропонованої методики використані дані по максимальному стоку по 35 гідрологічних постах з площами водозборів від 35,1 до 24 600 км². Період спостережень - від початку дії гідрологічних постів по 2008 р. включно.

На першому етапі дослідження було здійснено аналіз спостережень визначних паводків рідкісної повторюваності на річках регіону. Представлення щодо повторюваності «історичних» максимумів дощових паводків можна отримати з наведеної на рис. 1 карти-схеми.

Для розробки методики були використані багаторічні дослідження проф. Є.Д. Гопченка і його учнів в області розрахунку максимального стоку річок, у яких доводиться, перш за все, про структурні недоліки, в тому числі й у діючому в Україні нормативному документі СНиП 2.01.14-83 [3, 4]. Цим документом регламентується порядок застосування його для визначення розрахункових характеристик максимального стоку річок - для дощових паводків окремо при $F < 200 \text{ км}^2$ і $F > 200 \text{ км}^2$. В основу державних стандартів в галузі максимального стоку покладено напівемпіричну структуру редуційного типу, яка відрізняється серед інших простотою у своїх побудованнях і можливістю визначення розрахункових величин безпосередньо по матеріалах спостережень за гідрологічним режимом річок.

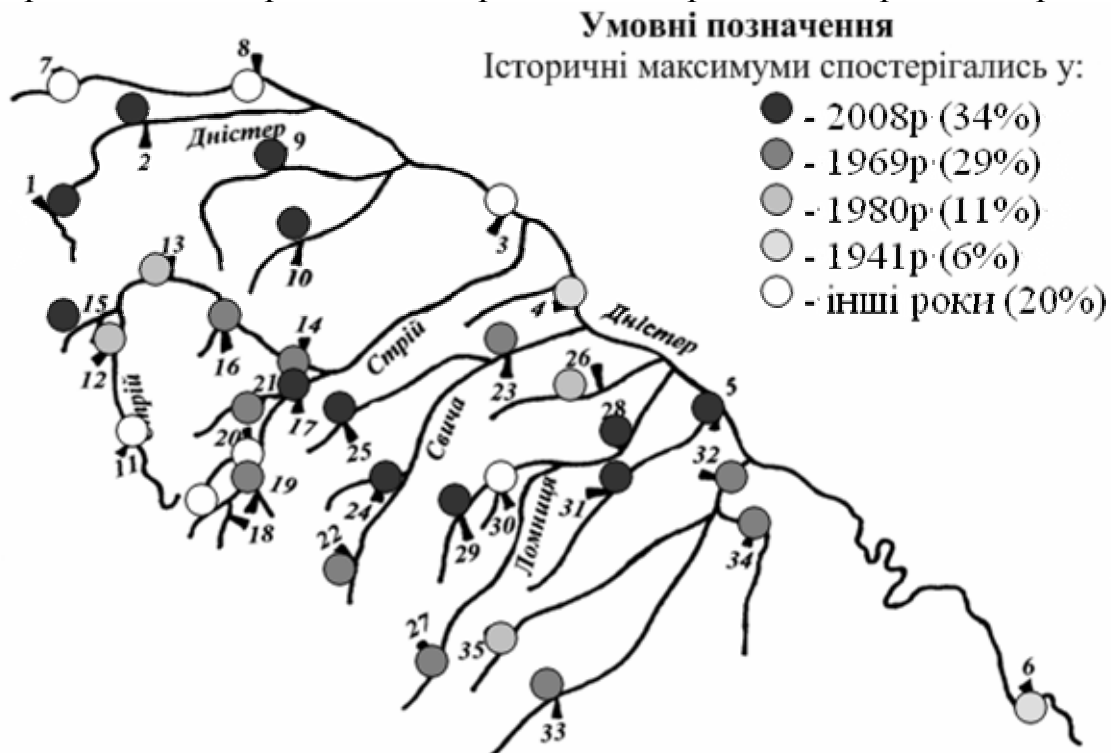


Рис. 1. Карта-схема розподілу спостережених максимумів по роках і ймовірностях (у дужках) на території Прикарпаття.

При узагальненні параметрів пропонується визначати їх, за відсутності часових рядів, використовуючи метод аналогії або відповідні карти та таблиці, що наводяться у додатках [3]. З метою надання розрахунковим формулам більшої універсальності, головним чином, з точки зору розмірів

водозборів, при запровадженні СНиП 2.01.14-83 штучно були зроблені деякі зміни у вихідних рівняннях. Це у свою чергу порушило строгість розрахункових схем і параметрів, що їх описують. Крім того, використання лише одного, а тим більш інтегрального показника редукції (площі водозбору), не дозволяє дослідити вплив різних факторів, що обумовлюють трансформацію паводкових і повенеких хвиль окремо на схилах і в русловій мережі.

Зокрема, це відноситься до всіх формул редукційного і об'ємного типів, а також формул граничної інтенсивності. Тому для розрахунку максимального стоку річок Прикарпаття пропонується застосувати генетичну формулу, засновану на моделі руслових ізохрон. За цією схемою формування максимального стоку розглядається у вигляді двооператорної моделі трансформації опадів у русловий стік. Перший оператор (стік схилів) описується характеристиками підстилаючої поверхні схилів, а другий - трансформацією схилового припливу річковою мережею (через час руслового добігання, русло-заплавне регулювання і під впливом озер, водосховищ і ставків проточного типу).

Базова структура, прийнята за основу при розробці методики розрахунку максимальних витрат води дощових паводків на річках Прикарпаття, ґрунтується на формулі [1]

$$q_{1\%} = q'_{1\%} \psi\left(\frac{t_p}{T_0}\right) \varepsilon_F r, \quad (1)$$

де $q'_{1\%}$ - максимальний модуль схилового припливу, м³/с км², причому

$$q'_{1\%} = 0.28 \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_{1\%}, \quad (2)$$

$\frac{n+1}{n}$ - коефіцієнт нерівномірності схилового припливу у часі; T_0 - тривалість схилового припливу (години); $Y_{1\%}$ - максимальний шар стоку дощових паводків (мм); $\psi\left(\frac{t_p}{T_0}\right)$ - трансформаційна функція, яка обумовлена часом руслового добігання t_p , динамікою припливу води зі схилів до руслової мережі і формою річкових водозборів:

- при $\frac{t_p}{T_0} < 1.0$

$$\psi\left(\frac{t_p}{T_0}\right) = 1 - \frac{m+1}{(n+1)(m+n+1)} \left(\frac{t_p}{T_0}\right)^n, \quad (3)$$

- при $\frac{t_p}{T_0} \geq 1.0$

$$\psi\left(\frac{t_p}{T_0}\right) = \frac{n}{n+1} \frac{T_0}{t_p} \left[\frac{m+1}{m} - \frac{n+1}{m(m+n+1)} \left(\frac{T_0}{t_p}\right)^m \right], \quad (4)$$

m - степеневий показник у рівнянні кривих ізохрон; ε_F - коефіцієнт русло-заплавного регулювання; r - коефіцієнт зарегулювання паводків проточними водоймами.

Реалізація (1) передбачає визначення усіх складових та дослідження впливу місцевих факторів на кожну з розрахункових характеристик.

Результати досліджень та їх аналіз. Перша складова в розрахунковій формулі (1) представлена у вигляді максимального модуля схилового припливу q'_{m} , який враховує основні характеристики схилового припливу: шар стоку дощових паводків Y_m , коефіцієнт часової нерівномірності схилового припливу $\frac{n+1}{n}$ і тривалість припливу води зі схилів до руслової мережі T_0 . За нашими дослідженнями, на території Прикарпаття розрахунковий модуль схилового припливу $q'_{1\%}$ змінюється від $3,90 \text{ м}^3/\text{с}\cdot\text{км}^2$ (р.Ворона - м.Тисмениця) до $7,96 \text{ м}^3/\text{с}\cdot\text{км}^2$ (р.Лімниця - с.Осмолода).

Проаналізувавши залежність коефіцієнтів нерівномірності руслового стоку від площі водозбору, встановлено відповідний коефіцієнт нерівномірності схилового припливу у часі $(n+1)/n$, який становить 8,86 (при $n = 0,13$).

Для річок Прикарпаття стосовно розрахунку максимальних шарів стоку дощових паводків обґрунтовано рівняння вигляду:

$$Y_{1\%} = 195 + 0.15(H_{cp} - 800), \quad (5)$$

де H_{cp} - середня висота водозборів, м.

Впливу широтного положення водозборів, ступені їхньої залісеності та заболоченості не виявлено.

Час руслового добігання t_p є однією із тих характеристик, які суттєво впливають на трансформацію хвиль паводків в процесі переміщення їх русловою мережею. В розрахункових формулах максимального стоку він представлений у явному або скритому вигляді (тобто інтегрально враховується через площу водозборів). При оцінці часу руслового добігання практично вирішується задача по визначенню швидкості течії, так як

$$t_p = \frac{L}{V_a} = \frac{L}{c_1 F^{\alpha_1} I_p^{\beta}}, \quad (6)$$

де L - гідрографічна довжина річки; $c_1 F^{\alpha_1} I_p^{\beta} = V_a$ - швидкість руслового добігання; I_p - уклон водотоку; для річок Прикарпаття: $c_1 = 1.44$, $\alpha_1 = 0.16$, $\beta = 0.33$ – коефіцієнти, які залежать від шорсткості русла та які залежать від форми поперечного перерізу русел.

На кафедрі гідрології суші ОДЕКУ розроблено прикладне програмне забезпечення для визначення однієї з найбільш проблемних характеристик схилового припливу – тривалості надходження талих і дощових вод до руслової мережі T_0 . Ґрунтується воно на генетичній моделі, свого часу запропонованій проф. А.М. Бефані. Вирішується задача у декілька етапів з

використанням методу простої однокрокової ітерації. Причому, на одній з ітераційних процедур вдається визначити, крім тривалості схилового припливу T_0 , ще й коефіцієнт русло-заплавного регулювання ε_F .

Впливу місцевих факторів на T_0 , як і у попередньому випадку, не виявлено. Це дає змогу для високих паводків осереднити по території тривалість схилового припливу і прийняти $T_0 = 78$ год.

Трансформаційна функція $\psi\left(\frac{t_p}{T_0}\right)$, яка обумовлена часом руслового добігання t_p , визначається відповідно до (3) або (4), в залежності від співвідношення $\frac{t_p}{T_0}$ (при $n = 0.13$ і $m = 1.0$).

Розпластування максимальних модулів при переміщенні паводкових хвиль русловою мережею під впливом часу руслового добігання враховується за допомогою трансформаційної функції $\psi\left(\frac{t_p}{T_0}\right)$. Для оцінки ефектів русло-заплавного регулювання і водообміну між заплавою і головною річкою вводиться функція ε_F , а для урахування можливого впливу озер, водосховищ і ставків проточного типу пропонується застосувати формулу, що рекомендується нормативним документом СНиП 2.01.14-83 [3].

Коефіцієнт русло-заплавного регулювання ε_F узагальнено по території у вигляді залежності від розміру водозборів:

$$\varepsilon_F = \exp[-0.287 \lg(F + 1)] \quad (7)$$

Точність запропонованої методики на матеріалах 35 водозборів (з площами від 35,1 до 24 600 км²), за результатами перевірочних розрахунків, знаходиться на рівні 19.7%, що відповідає точності вихідної інформації по максимальному стоку паводків ($\sigma_{Q_{1\%}} = 17.9\%$).

Висновки. Запропонована методика дозволяє позбутися структурних недоліків, діючого зараз в Україні нормативного документу в галузі розрахунку максимального стоку дощових паводків СНиП 2.01.14-83. Вона враховує найбільш важливі стокоформуючі чинники максимального стоку. Крім того, вона є універсальною як для дощових паводків, так і для весняного водопілля. Запропоновану авторами методику для річок Прикарпаття можна рекомендувати для практичного застосування без доробок, а вихідну модель, в цілому, покласти в основу при розробці нового нормативного документу для розрахунку максимального стоку на річках України.

Список літератури

1. Гопченко Е.Д. Нормирование характеристик максимального стока весеннего половодья на реках Причерноморской низменности / Е.Д. Гопченко, М.Е. Романчук. – К. : КНТ, 2005. - 148 с.
2. Ресурси поверхневих вод СРСР. – Л. : Гидрометеиздат, 1974. – Т. 6, вып. 1. – 884 с.
3. Пособие по определению расчетных гидрологических