

## **СТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ НА ГІРСЬКИХ ВОДОЗБОРАХ**

На основі обчислення паводків за допомогою математичної моделі “Дощ-3” досліджено їх структурні особливості на гірських водозборах. Отримані співвідношення різних видів стоку забезпечують достовірне оцінювання модельних параметрів.

За практичного використання математичних моделей формування стоку, виникає, як відомо, низка проблем. Однією з них є оцінювання оптимальних параметрів моделі. При цьому мається на увазі не тільки прийнятність кінцевого результату, тобто отримання розрахованих гідрографів, наближених до спостережених, але й встановлення достовірних значень параметрів моделі. У цій роботі на прикладі гірських водозборів басейну Дністра розглянуто підходи до оцінювання параметрів через вивчення структурних складових дощових паводків.

Правобережжя басейну р.Дністра, як і вся територія Карпат, відноситься до найбільш паводко небезпечного регіону України, що зумовлено особливостями гідрометеорологічних та орографічних чинників. У гірській частині басейну (верхів'я Дністра та його правобережні притоки) спостерігаються часті дощові паводки, які нерідко набувають руйнівного за своїми наслідками характеру. Особливо загрозливими вони бувають в періоди високої водності, чергування яких зумовлено глобальною атмосферною циркуляцією.

При дослідженні структурних особливостей дощових паводків на гірських водозборах басейну Дністра була використана математична модель “Дощ-3”. Модель “Дощ-3” – концептуальна, тобто понятійна. В її структурі задіяна апріорна інформація про фізичні уявлення щодо гідрологічних і метеорологічних процесів, які призводять до водоутворення та стоку води [1-3].

Модельні рішення здійснюються за принципом змінних стану (principle of state variables), який умовно можна описати так:

$$st(t + dt) = st(t) + V_{st} \cdot dt,$$

де  $st(t + dt)$  і  $st(t)$  – змінні (рівні, значення) стану гідрометеорологічної величини в моменти  $t + dt$  і  $t$ ;

$V_{st}$  – змінна, яка визначає швидкість зміни стану;

$dt$  – часовий крок (проміжок часу).

Модель “Дощ-3” є системою імітації дощових паводків, яка складається з паралельних підсистем [3-5]. Цим самим структурою моделі враховується просторовий розподіл водоутворення, залежно від ступеня нерівномірності останнього по площі водозбору встановлюється кількість підсистем.

Під час розвитку паводка в кожній підсистемі обчислюється водоутворення з використанням відповідних початкових і поточних даних. Кожна підсистема подається трьома умовними місткостями, де визначається формування певного виду стоку – поверхневого, підповерхневого, підгрунтового.

Параметри моделі “Дощ-3” відображають ґрунтові, морфометричні, гідравлічні властивості водозбору та визначають наступні процеси: інтенсивність випаровування з поверхні водозбору; інфільтрацію; зміну зволоженості діючої площі водозбору внаслідок відтоку води; зміну діючої площі водозбору, на якій формується стік води, в залежності від шару водоутворення; інтенсивність фільтрації в нижчерозташовані шари ґрунту та підґрунтя; водоутворення вищезгаданих видів стоку, швидкість стікання яких значно різняться. Зволоженість водозбору (часткової площі) визначається через дефіцит насичення водою діючого шару ґрунту.

При потребі враховується просторова нерівномірність водоутворення або відмінності в умовах переміщення паводкових хвиль по річковій мережі. При цьому водозбір ділиться на часткові площі й до кожної з них, тобто до кожного просторового об’єкта, застосовується оптимальний варіант моделі. Таким чином, річковий басейн розглядається як система із декількох паралельних чи послідовних підсистем залежно від розміру площі та форми водозбору.

Трансформування водоутворення в гідрограф, інакше кажучи, перебіг стоку води у визначеному замикаючому створі річки  $Q_i$  подається моделлю “Дощ-3” сумою трансформованих часових послідовностей водоутворення як наслідок взаємодії паралельних підсистем:

$$Q_t = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m f_i / \int_0^{\tau-t} q_{ij}(t-\tau) p_{ij}(\tau) d\tau,$$

де  $m$  - кількість видів стоку;

$n$  - кількість підсистем (часткових площ);

$F$  - загальна площа водозбору;

$f_i$  - розмір часткової ( $i$  - тої) площі;

$q_{ij}$  - інтенсивність водоутворення  $j$ - того виду стоку з  $i$ - тої площі;

$p_{ij}$  - функція впливу, описана двопараметричним гама-розподілом  $j$ -того виду стоку, за допомогою якої обчислюється його переміщення з  $i$ -тої площі.

Характер взаємодії підсистем математичної моделі стоку “Дощ-3” надає їй якості системи з розподіленими параметрами [3, 4].

Паводок формується з чотирьох складових: поверхневого стоку, підповерхневого стоку, стоку внаслідок виснаження запасів води в русловій мережі та підґрунтового стоку (рис.). Отже, у загальному об’ємі паводкової хвилі присутні чотири складові різного генетичного походження. Але основний об’єм води дощового паводка надходить від поверхневого та підповерхневого стоку. Співвідношення об’єму цих складових змінюється залежно від поточних гідрометеорологічних умов. Ще однією їх особливістю є зміщеність у часі хвиль підйому, піку та спаду.

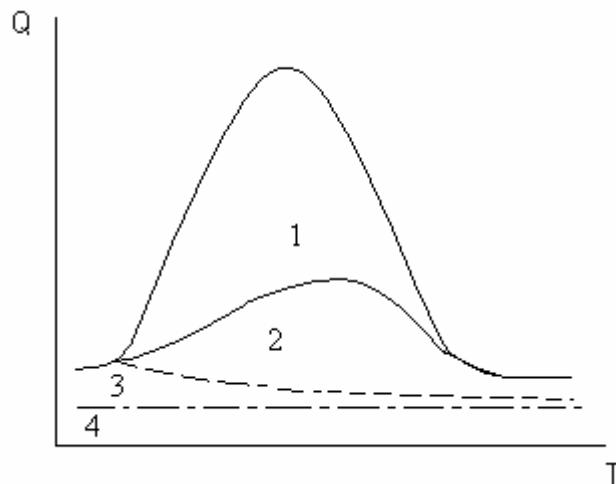


Рисунок. Схематичне зображення складових паводка

1 – поверхневий стік; 2 – підповерхневий стік; 3 – стік, який формується за рахунок виснаження запасів води в русловій мережі; 4 – підґрунтовий стік

Визначення величин саме цих чотирьох складових є важливим моментом у подальшому дослідженні особливостей формування паводків та при розробці системи розрахунку їх характеристик на гірських річках.

Модельні задачі вирішувались із залученням паводків різної висоти на річках басейну Дністра – Головчанка, Орава, Опір, Рибник – з площами водозборів 106-204 км<sup>2</sup>. Шляхом моделювання отримано модельні співвідношення різних видів стоку (табл.). Залежно від висоти паводка питома вага поверхневого стоку змінюється від 60 до 6%, а підповерхневого – від 38 до 84%.

Таблиця

Питома вага стоку при паводках різної висоти

| Види стоку     | Питома вага стоку (%)<br>при паводках відповідної ймовірності |                    |                   |
|----------------|---------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|
|                | Високий<br>2-5%                                               | Середній<br>20-30% | Низький<br>40-60% |
| Поверхневий    | 60                                                            | 24                 | 6                 |
| Підповерхневий | 38                                                            | 75                 | 84                |
| Підгрунтовий   | 2                                                             | 1                  | 10                |

Середні за паводок коефіцієнти стоку (0,35-0,75) знаходяться в прямій залежності від інтенсивності дощу. В окремі дощові періоди їхні значення протягом 3-6 годин можуть сягати 0,70-0,90 (червень 1969 р.).

На вищезгаданих водозборах найбільша інтенсивність поверхневого водоутворення співпадає в часі з піком опадів. А максимум підповерхневого водоутворення настає трохи пізніше – через 2-4 години. За інтенсивних тривалих дощів підповерхнєве водоутворення досягає максимально можливого значення – 4-5 мм/3год. Гідрограф підповерхневого стоку характеризується відносно повільним підйомом. При розгляді загального гідрографа дуже добре виявляється та ділянка спаду, яка обумовлена цим видом стоку.

Аналіз модельних розрахунків у співставленні з даними спостережень за перебігом паводків дозволяє впевнено оцінювати параметри моделі та уникати при цьому невизначеності.

\* \*

*На основе расчёта паводков с помощью математической модели “Дождь-3” исследовано их структурные особенности на горных*

*водосборах. Полученные соотношения разных видов стока обеспечивают достоверное оценивание модельных параметров.*

\* \*

1. Руководство по гидрологическим прогнозам. Выпуск 2. Краткосрочный прогноз расхода и уровня воды на реках. Гидрометеиздат: Ленинград, 1989
2. *Сосєдко М.М.* Математичне моделювання процесів формування стоку, як основа прогностичних систем. // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2000 – Т. 1 - С. 32-38.
3. *Сосєдко М., Димитров Д., Кочелаба Е., Янков В.* Применение математических моделей в задачах расчёта и прогноза дождевого стока. Методическое руководство. София-Киев, 1990.
4. *Сосєдко М.Н., Лукьянец О.И.* Применение математической модели формирования стока с распределенными параметрами при краткосрочном прогнозировании паводков в горных районах // Труды УкрНИГМИ. - 1993. – Вып. 245. – С.29-39.
5. *Sossedko M., Luk'janets O.* Die Vorhersagemethodik der Murgangereigniswahrscheinlichkeit in den Ukrainischen Karpaten // Sammelband der XIX Konferenz der Donauländer. Osjek, Kroatien, 1998. – S. 709-716.