

ПРОСТОРОВА МІНЛИВІСТЬ ПАРАМЕТРІВ СТОКОУТВОРЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСІВ ФОРМУВАННЯ ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ЛАНДШАФТНИХ УМОВ

Москаленко С.О.

Український гідрометеорологічний інститут, м. Київ

Для вирішення і виконання основних завдань дослідження використовувалася математична модель формування дощових паводків ДОЩ-3, яка успішно використовується для вивчення процесів дощового стоку, розрахунку та прогнозу паводків на рівнинних, передгірних та гірських річках. На основі моделі отримано для водозборів названих районів залежності оптимальних параметрів моделі з їх орографічними і ландшафтними характеристиками: площею, середнім ухилом, середньою висотою водозбору і ступенем покриття лісом. Таким чином, параметри моделі узагальнено і вони склали розділ інформаційної бази для моделювання процесів дощового стоку.

Ключові слова: модель дощового стоку; параметри; моделювання; прогноз; ландшафтні умови водозборів.

Вступ. Для розвитку теоретичної гідрології та вирішення практичних завдань розрахунку і прогнозу режиму стоку води річок і його характеристик з успіхом застосовується математичне моделювання процесів формування річкового стоку. Перспективи моделювання - це перспективи гідрології в цілому. Його майбутнє пов'язане з тим, наскільки вдало відбувається перехід до універсальних моделюючих систем, що призначені для басейнів будь-яких розмірів і розташованих у будь-яких географічних умовах [1]. Застосування таких моделей пояснюється тим, що воно сприяє комплексному вивченню процесів формування річкового стоку з урахуванням ландшафтних особливостей водозборів та їх просторового розмаїття.

Вихідні передумови. Річковий стік формується під дією гідрометеорологічних чинників і підстильної поверхні водозбору. Показники останньої (рельєф, ґрунти, рослинність) не тільки самі впливають на процеси формування стоку води, але й визначають при цьому ступінь впливу гідрометеорологічних умов. А річковий басейн, в свою чергу, сприймає, перерозподіляє, акумулює, розсіює і направляє потоки речовини, енергії і виконує подвійну функцію: з одного боку, він з кліматичними умовами і погодою визначає співвідношення між опадами, стоком і випаровуванням (водний баланс), з іншого боку - здійснює перерозподіл стоку в часі (трансформація). Тому потрібно вирішувати теоретичні й практичні питання, що стосуються відображення процесів формування стоку води за просторової неоднорідності гідрометеорологічних і ландшафтних умов на водозборах.

Характерною рисою дощових паводків є їхня генетична неоднорідність, під якою маються на увазі різні умови їхнього формування, розвитку й режиму стікання. Хоча фізика процесів формування стоку й у горах, і на рівнинах одна й та ж сама,

однак у гірських умовах всі ці процеси в більшій мірі інтенсифіковані й виражені більш яскраво.

Розробка математичних моделей формування стоку супроводжується одночасною систематизацією її параметрів. Останні покликані відобразити об'єктивні фізичні особливості водозборів. Параметри моделі повинні бути узагальнені. Питання їх узагальнення нерозривно пов'язано з гідрологією ландшафтів. Інформаційне забезпечення моделювання у вигляді системи узагальнених і систематизованих параметрів по всіх природних зонах є необхідною умовою для практичного використання моделей і є основною метою дослідження.

Вихідні матеріали дослідження. Вибір математичної моделі процесів формування дощових паводків (ДОЩ-3) зумовлено тим, що існує значний багаторічний досвід її успішного використання для дослідження процесів формування дощового стоку, розрахунку і прогнозування паводків на рівнинних (Правобережжя Прип'яті), передгірних (Західний Буг), гірських річках басейнів Карпатського регіону (Тиси, Дністра і Пруту) [2, 4, 6].

Структурні та функціональні особливості математичної моделі заснована на наступних принципових положеннях [7]. :

- як прибуткова складова на водозбір приймається інтенсивність дощу,
- водоутворення розраховується шляхом водно-балансових рішень,
- зволоження водозбору відбувається по балансу вологи в шарах ґрунту,
- водоутворення трансформується в витрати води в річковій мережі за допомогою застосування функцій впливу.

У структурі моделі ДОЩ-3 на основі загальних теоретичних і фізичних уявлень закладена апріорна інформація про основні процеси формування дощового стоку. Це випадання опадів,

випаровування, поверхневе затримання, інфільтрація, фільтрація, затримання води в дренажних шарах ґрунту, поверхневе і підповерхневе водоутворення, гідрографи поверхневого, підповерхневого, базисного стоків і, як результат, їх трансформація у стік води в замикаючому створі водозбору.

Комплекс параметрів моделі. В комплекс параметрів процесів формування дощового стоку ДОЩ-3 входять площинні і модельні.

Площинні параметри визначають просторову структуру моделюючих систем. Різноманітність умов формування дощового стоку вимагає виділення в межах території дослідження таких структурних елементів, як часткові басейни і часткові площі, де спостерігаються відносно однорідні ландшафтні умови та гідрометеорологічні ситуації.

Модельні параметри є основою методичних рішень розрахункових та прогнозних розробок. Це числові коефіцієнти у алгоритмічній системі моделі для опису елементарних процесів формування дощового стоку. Комплекс модельних параметрів постійний для кожного просторового об'єкту, але значення параметрів змінюються від басейну до басейну залежно від їх орографічних особливостей.

Відповідним чином побудована і сама модель, її алгоритми, а також встановлено взаємодію між структурними елементами. В складі її математичних виразів включено 13 параметрів. Вони з певною точністю відображають осереднені характеристики ґрунтів, морфометричні та гідравлічні особливості водозбору, як перетворюючої системи. Ця модель з розподіленими параметрами, які враховують просторову мінливість факторів і ландшафтних умов з різною деталізацією, необхідною для практичних цілей. В модель вихідна інформація подається у вигляді часових функцій як послідовність середніх на водозборі значень відповідних метеорологічних величин - інтенсивність опадів, дефіцит вологості повітря, швидкість вітру.

Таким чином, ландшафтні умови будь-якого водозбору враховуються шляхом параметризації. Рівень змінності цих параметрів неоднаковий. Частина з них оцінюється за даними гідрометеорологічних спостережень. Значення інших параметрів визначаються спочатку лише в певному фізично обґрунтованому діапазоні, а потім їх уточнюють шляхом застосування оптимізаційних процедур [2, 4].

Узагальнення значень параметрів від ландшафтних характеристик водозборів. Якщо процеси формування стоку залежать від фізико-географічних умов, то й параметри

математичної моделі формування стоку залежать від індивідуальних для конкретного водозбору показників цих умов.

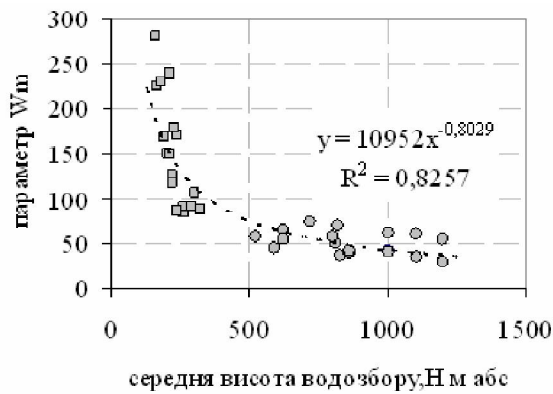
Відповідно до структури моделі ДОЩ-3 та взаємодії водно-балансових процесів встановлено, що найважливіший вплив на водоутворення під час дощових паводків, а тому й на кінцеві результати моделювання, мають три основних параметри, від яких залежить інтенсивність втрат води на поверхневе затримання, поверхневий і підповерхневий стік [4, 5, 7]. Це k_3 , який визначає здатність підповерхневого шару ґрунту до вбирання (інфільтрації) та дренажу води, W_m – максимальна вологоємність діючого шару ґрунту, в якому формується підповерхневий стік і h – відносний показник діючої площі водозбору та місткості безстокових заглибин на водозборі. Встановлено, що на зазначені параметри суттєво впливають морфометричні показники – середній похил ($I, \%$), середня висота водозбору ($H, м абс.$) та його залісеність ($Fл, \%$) (рис. 1-3).

Максимальна вологоємність діючого шару ґрунту зі збільшенням висоти місцевості зменшується. Відносний показник діючої площі водозбору та місткості безстокових заглибин на водозборі збільшується разом з середнім похилом водозборів. Збільшується також співвідношення W_m/k_3 зі збільшенням залісеності. Причому для гірських басейнів такий зв'язок не чітко виражений. Коефіцієнти апроксимації при цьому коливаються в межах 0.65-0.93 (див. рис. 1-3).

Висновки. Таким чином, параметри математичної моделі процесів формування дощового стоку для рівнинних, передгірних і гірських басейнів річок були систематизовані, узагальнені та склали розділ інформаційної бази даних для моделювання дощового стоку та використання з метою прогнозування дощових паводків. Отримані залежності між параметрами і морфометричними показниками водозборів, показали добрий зв'язок і можуть бути використані для невивчених в гідрологічному відношенні територій (річкових басейнів).

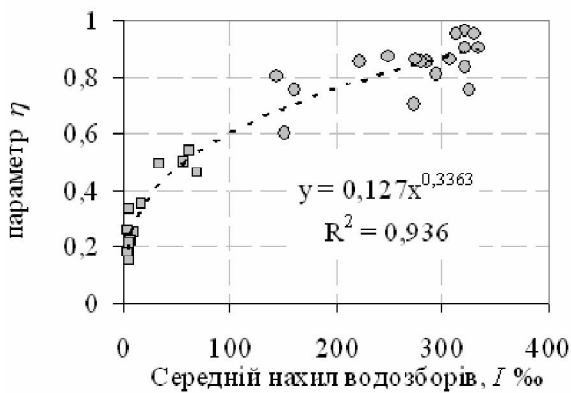
Література

1. Виноградов Ю.Б. Математическое моделирование в гидрологии / Ю.Б. Виноградов, Т.А. Виноградова. - М.: Издательский центр "Академия", 2010. - 304 с.
2. Дутко В.О. Из досвіду ідентифікації параметрів математичної моделі дощового стоку в залежності від орографії місцевості / В.О. Дутко, М.М. Соседко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. - 2011. - Т. 3(24). - С. 73-80.
3. Лук'янець О.І. Математичне моделювання в гідрометеорології як фактор наукового пізнання / О.І. Лук'янець. - К.: Ніка-Центр, 2005. - 40 с.



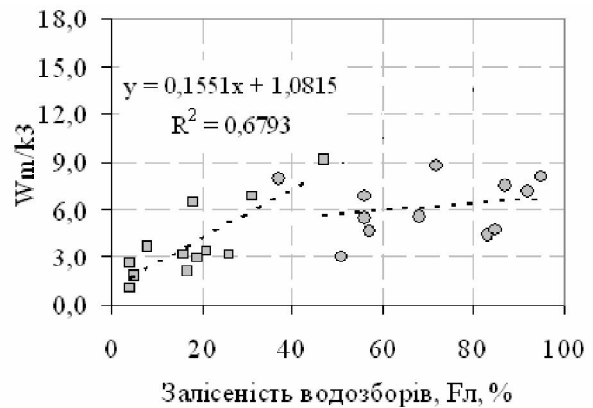
○ - параметри для гірських та передгірних водозборів; □ - параметри для рівнинних водозборів

Рис. 1. Залежність максимальної вологосемкості діючого шару ґрунту W_m від середньої висоти річкових басейнів (H , м абс)



○ - параметри для гірських та передгірних водозборів; □ - параметри для рівнинних водозборів

Рис. 2. Залежність відносного показника діючої площі водозбору та місткості безстокових заглибин на водозборі h від середньозваженої похилу річкових басейнів (I , ‰)



○ - параметри для гірських та передгірних водозборів; □ - параметри для рівнинних водозборів

Рис. 3. Залежність співвідношення модельних параметрів W_m/k_3 від лісистості басейнів річок (F , ‰)

References

1. Vinogradov Ju.B., Vinogradova T.A. Matematicheskoe modelirovanie v gidrologii [Mathematical modeling in hydrology]. Moscow: Izdatel'skij centr «Akademija», 2010, 304 p. [in Russian].
2. Dutko V.O., Sosiedko M.M. Iz dosvidu identyfikatsii parametriv matematychnoi modeli doschovoho stoku v zalezhnosti vid orohrafii mistsevosti [The experience of the mathematical model parameter identification rainwater depending on terrain orography] Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiiia: Nauk. zbirnyk [Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology: the scientific collection], 2011, Vol. T. 3(24), pp. 73-80 [in Ukrainian].
3. Luk'ianets' O.I. Matematyчне modeliuвання v hidrometeorolohii yak faktor naukovoho piznannia [Mathematical modeling in meteorology as a factor of scientific knowledge]. Kyiv: Nika-Tsentr, 2005, 40 p. [in Ukrainian].
4. Moskalenko S.O. Otsinka dostovirnosti vyznachennia optimal'nykh parametriv vodoutvorennia matematychnoi modeli doschovykh pavodkiv dlia malykh vodozboriv pravoberezhzhia Pryp'iaty / S.O. Moskalenko // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія - К. - 2012. - Т. 2(27). - С. 23-29.
5. Moskalenko S.O. Otsiniuvannia stokoformuiuchykh parametriv u protsesi modeliuвання doschovykh pavodkiv / S.O. Moskalenko // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія: Мат. 5-ої Всеукр. наук. конф. (22 вересня - 24 вересня 2011 р.). - м. Чернівці. - Чернівці: Чернівецький нац. Ун-т, 2011. - С.172-173.
6. Приймаченко Н.В. Узагальнення параметрів математичної моделі формування дощового стоку на прикладі малих водозборів басейну Дністра / Н.В. Приймаченко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. - 2010. - Т. 18. - С. 47-55.
7. Сусідко М.М. Оцінювання параметрів математичних моделей річкового стоку на основі воднобалансових досліджень / М.М. Сусідко О.І. Лук'янець // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. - 2010. - Т.3(20) - С.42-49.
8. Moskalenko S.O. Otsinka dostovirnosti vyznachennia optimal'nykh parametriv vodoutvorennia matematychnoi modeli doschovykh pavodkiv dlia malykh vodozboriv pravoberezhzhia Pryp'iaty [Assessment of the reliability of determining the optimal parameters of the mathematical model vodoutvorennia rain floods for small catchments right bank of Pripyat] Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiiia: Nauk. zbirnyk [Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology: the scientific collection], 2012, Vol. 2(27), pp. 23-29 [in Ukrainian].
9. Moskalenko S.O. Otsiniuvannia stokoformuiuchykh parametriv u protsesi modeliuвання doschovykh pavodkiv [Evaluation forming water runoff parameters in the simulation of rain floods] Hidrolohiiia, hidrokhimiiia, hidroekolohiiia: Мат. 5-oi Vseukr. nauk. конф. [Materials 5th All-Ukrainian scientific conference]. Chernivtsi: Chernivets'kyj nats. Un-t, 2011, pp.172-173 [in Ukrainian].
10. Pryjmachenko N.V. Uzahal'нення parametriv matematychnoi modeli formuvannia doschovoho stoku na prykladi malykh vodozboriv basejnu Dnistra [Synthesis parameters of the mathematical model of rainwater as an example of small catchment basin of the Dniester]

- Hidrolohii, hidrokhimii i hidroekologii: Nauk. zbirnyk [Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology: the scientific collection], 2010, Vol. 18, pp. 47-55 [in Ukrainian].
7. Susidko M.M., Luk'ianets' O.I. Otsiniuvannia parametriv matematychnykh modelej richkovoho stoku na osnovi vodnobilansovykh doslidzhen' [Estimation of para-

eters of mathematical models based on streamflow, water-balance studies] Hidrolohii, hidrokhimii i hidroekologii: Nauk. zbirnyk [Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology: the scientific collection], 2010, Vol. 3(20), pp.42-49 [in Ukrainian].

Москаленко С.А. Пространственная изменчивость параметров стокообразования математической модели формирования дождевых паводков в зависимости от ландшафтных условий. Для решения и выполнения основных задач исследования использовалась математическая модель формирования дождевых паводков ДОЩЗ, которая успешно используется для изучения процессов дождевого стока, расчета и прогноза паводков на равнинных, предгорных, горных реках. На основе модели получены для водосборов названных районов зависимости оптимальных параметров модели с их орографическими и ландшафтными характеристиками: площадью, средним уклоном, средней высотой водосбора и степени покрытия лесом. Таким образом, параметры модели обобщены и они составили раздел информационной базы для моделирования процессов формирования дождевого стока.

Ключевые слова: модель дождевого стока; параметры; моделирование; прогноз; ландшафтные условия водосборов.

Moskalenko S. Spatial variability of water flow formation parameters of the mathematical model of formation of rain flood, depending on the landscape conditions. In order to solve and perform basic tasks of the study used a mathematical model of rainfall floods DOSCH3, which has been successfully used for the study of rainfall runoff, calculation and prediction of floods on the plains, foothills, mountain rivers. On based the model for these catchment areas obtained depending on the optimal model parameters with their orographic and landscape characteristics: area, average slope, the average height of the watershed and forest coverage. Thus, the model parameters are summarized and they amounted to section information base for the simulation of the formation of rainfall runoff.

Key words: model of rainfall runoff; model parameters; modeling; forecast; landscape conditions watersheds.