

## I. ФІЗИЧНА ГЕОГРАФІЯ, ГЕОЕКОЛОГІЯ ТА РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК 556.5.01

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4782545>

Мольчак Я.О., Мисковець І.Я.

### ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНИХ ВИТРАТ ДОЩОВОГО СТОКУ В УМОВАХ АНТРОПОГЕННИХ ЗМІН

*Стаття містить систематизований комплекс конструктивно-географічних досліджень у вивченні, аналізі та оцінці режимоутворюючих факторів стоку і всього процесу формування дощових витрат у природних і складних змінених людиною різних фізико-географічних умовах верхнього і середнього Подніпров'я. Розроблено та подано новий метод розрахунку максимального дощового стоку, який враховує всі основні фактори, які впливають на процес його формування, підвищує точність розрахункової величини паводкових витрат, покращує стан природного середовища та умови життєдіяльності населення і сприяє вирішенню актуальних питань щодо антропогенного впливу на довкілля.*

**Ключові слова:** дощові витрати, фізико-географічні умови, метод, фактори стоку, ґрунт, природні, антропогенні, формування.

**Постановка проблеми.** У застосовуваних, у даний час, формулах розрахунку паводкового стоку одним із основних параметрів їх є шар опадів (БНіП 2.01.14-83) шар водоутворення (А.Н. Бефані), шар водовіддачі (П.Ф. Вишневський) та інші, які через коефіцієнти стоку та інші параметри визначають шар паводкового стоку. Значення коефіцієнту стоку залежать від площі водозбору, добового шару опадів та виду ґрунтів. Шар водоутворення не враховує змін режиму ґрунтових вод, фізіології рослин протягом вегетаційного періоду, а також змін водно-повітряного та водно-фізичних властивостей ґрунтів, що відбуваються, у зв'язку з використанням земель тощо. Зазначені недоліки призводять до зниження точності обчислення шуканої величини максимальних дощових витрат.

**Основна мета.** На підставі виконаних конструктивно-географічних розробок, що стосуються процесу формування паводкового стоку в умовах антропогенних змін, з урахуванням критичних зауважень існуючих методів розрахунку дощових витрат, Мисковець І.Я. [3, 4] доведено більшу кількість визначальних факторів, що впливають на зміну і величину коефіцієнта стоку і інших параметрів і розроблено формулу, параметри якої взаємопов'язані та враховують фак-

© Мольчак Я.О., Мисковець І.Я., 2021.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Article Info: Received: March 22, 2021;

Final revision: March 29, 2021; Accepted: April 1, 2021.

тори, що впливають на процес формування стоку та його розрахункову величину.

**Виклад основного матеріалу.** Розрахункова формула дощових витрат повинна базуватися на генетичній основі процесу стоку, враховувати компоненти механізму формування стоку, місцеві фактори, а також антропогенні зміни, які впливають на умови його формування. Відповідно до розглядаємої схеми формування дощового стоку, з урахуванням антропогенних змін, використання земель, вологообороту зони аерації, одним із основних параметрів формули для розрахунку паводкових витрат, що враховує всмоктуючу здатність ґрунту та його зміни, у зв'язку з антропогенним впливом, інтенсивність та шар опадів, режим ґрунтових вод, час вегетаційного періоду, водоспоживання сільськогосподарських культур, розчленованість місцевості річковою, яружно-балковою, меліоративною та іншою мережею, тип і стан ґрунту тощо, автор запропонував максимальне водонакопичення. Воно представляє собою різницю між шаром опадів та інфільтрацією під час дощу із урахуванням найбільшого добового водоспоживання сільськогосподарських культур та інших перерахованих факторів. На підставі воднобалансових досліджень, водного режиму ґрунтів та його зміни, розрахункову формулу для обчислення максимальних витрат дощових паводків в антропогенних умовах, представляємо у вигляді модуля стоку, у найпростішому виразі пропонує у такій редакції:

$$q_{P\%} = 13,2h_{e_{\max,1\%}} \delta_{zp} \delta_E \Gamma_n^{0,5} \lambda_p K_{A\theta}, \quad (1)$$

де  $h_{e_{\max,1\%}}$  – максимальне водонакопичення 1% забезпеченості, мм;  $\delta_{zp}$  – коефіцієнт обліку ґрунтового живлення; для водозборів слабого ґрунтового живлення  $\delta_{zp} = 0,9$ ; для водозборів середнього ґрунтового-напірного живлення  $\delta_{zp} = 1,05$ ; для водозборів рясного ґрунтового-напірного живлення  $\delta_{zp} = 1,25$ ;  $\delta_E$  – коефіцієнт обліку водоспоживання, величина якого у залежності від дати вегетаційного періоду та виду культури приймається рівною  $\delta_E = 0,85-1,0$ ;  $\lambda_p$  – коефіцієнт переходу від забезпеченості 1% до будь-якої заданої;  $K_{A\theta}$  – коефіцієнт редукції максимального водонакопичення;  $\Gamma_n$  – параметр, що залежить від ґрунтового підпитування та площі антропогенного впливу, визначається за формулою [4]:

$$\Gamma_n = \left( \delta_{oc} \Pi_n^x + \sqrt{\frac{\delta_n (1 - \delta_{oc})}{A + 30}} \right) \delta_3, \quad (2)$$

де  $\delta_{oc}$  – коефіцієнт освоєння земель,  $\delta_{oc} = \frac{A_{oc}}{A}$ ;  $\delta_n$  – коефіцієнт обліку впливу на стік заліснення;  $\delta_3$  – емпіричний коефіцієнт антропогенних змін, величина якого змінюється від 1,11 (Білорусь, басейн Дніпра), 1,04 (Росія, басейн Дніпра)

до 1,23 (північна частина України, басейн Дніпра);  $\Pi_n$  - параметр підживлення, якій залежать від типу ґрунту та глибини залягання ґрунтових вод;  $\chi$  - показник ступеня параметра підживлення.

Формула 1 за структурою схожа на формулу сталої інтенсивності стоку БНіП 2.01.14-83 [5]. Однак, вона істотно відрізняється від формули БНіП тим, що в останній максимальний модуль стоку виражений через коефіцієнт стоку та добовий шар опадів, не враховують тип та стан ґрунту, не кажучи вже про рельєф місцевості, режим ґрунтових вод, водоспоживання сільгоспкультур, час вегетаційного періоду, меліорацію земель, антропогенні зміни, розчленованість місцевості та ін. фактори, які у повній мірі враховані у запропонованій формулі 1. У зв'язку із зазначеним, точність розрахунків паводкового стоку за залежністю 1 до 15-20% і більше вища, ніж за формулою БНіП, головним чином, для дуже малих річок та тимчасових водотоків в умовах антропогенних змін. Однак, параметри формули 1 не у достатній мірі враховують фізику процесу формування паводкового стоку. У зв'язку з цим, аналіз гідрографічної мережі річок верхнього та середнього Подніпров'я показав, що конфігурація річкових басейнів відрізняється великим різноманіттям, що вимагає введення у розрахункові формули конструктивно-гідрографічного коефіцієнту  $K_r$ , який дозволяв би здійснити перехід від моделі прямокутного басейну до фактичного.

Істотний вплив на процес формування паводкового стоку антропогенних територій надає час руслового добігання. Причому, чим більше час руслового добігання, тим менше величина формуючих витрат за одиницю часу і навпаки, що повинно відобразитися у розрахунковій формулі. У зв'язку з цим, відповідно до теорії ізохрон, величина максимального водонакопичення залежить від співвідношення тривалості схилового добігання ( $\tau_{ск}$ ) та тривалості руслового добігання ( $\tau_p$ ), причому, при  $\tau_p > \tau_{ск}$  максимум формується за типом уповільненого стоку, тобто має місце загальне максимальне водонакопичення. При  $\tau_p < \tau_{ск}$  максимум формується за типом розвиненого стоку. У цьому випадку спостерігається чинне максимальне водонакопичення ( $h_{e_{max}}$ ), яке виражається через загальне максимальне водонакопичення за допомогою коефіцієнта чинного шару максимального водонакопичення  $\varphi$ , тобто  $h_{e_r} = \varphi \cdot h_{e_{max}}$ . Із детально викладеного вище, знаючи, що шар схилового стоку відрізняється від максимального водонакопичення ( $h_{e_{max}}$ ) втратами на спаді паводку ( $R_{сп}$ ), що для зручності висловимо через коефіцієнт втрат стоку на спаді паводку  $R_{сп}$ , величина якого завжди менше одиниці, то добуток останнього на  $h_{e_{max}}$  дасть шар схилового стоку. Відповідно до теоретичної схеми формування паводкових витрат в умовах антропогенних змін (рис. 1), величина максимального водонакопичення є функцією

режиму ґрунтових вод, а значить і часу вегетаційного періоду у залежності від чого здійснюється процес формування дощового стоку.

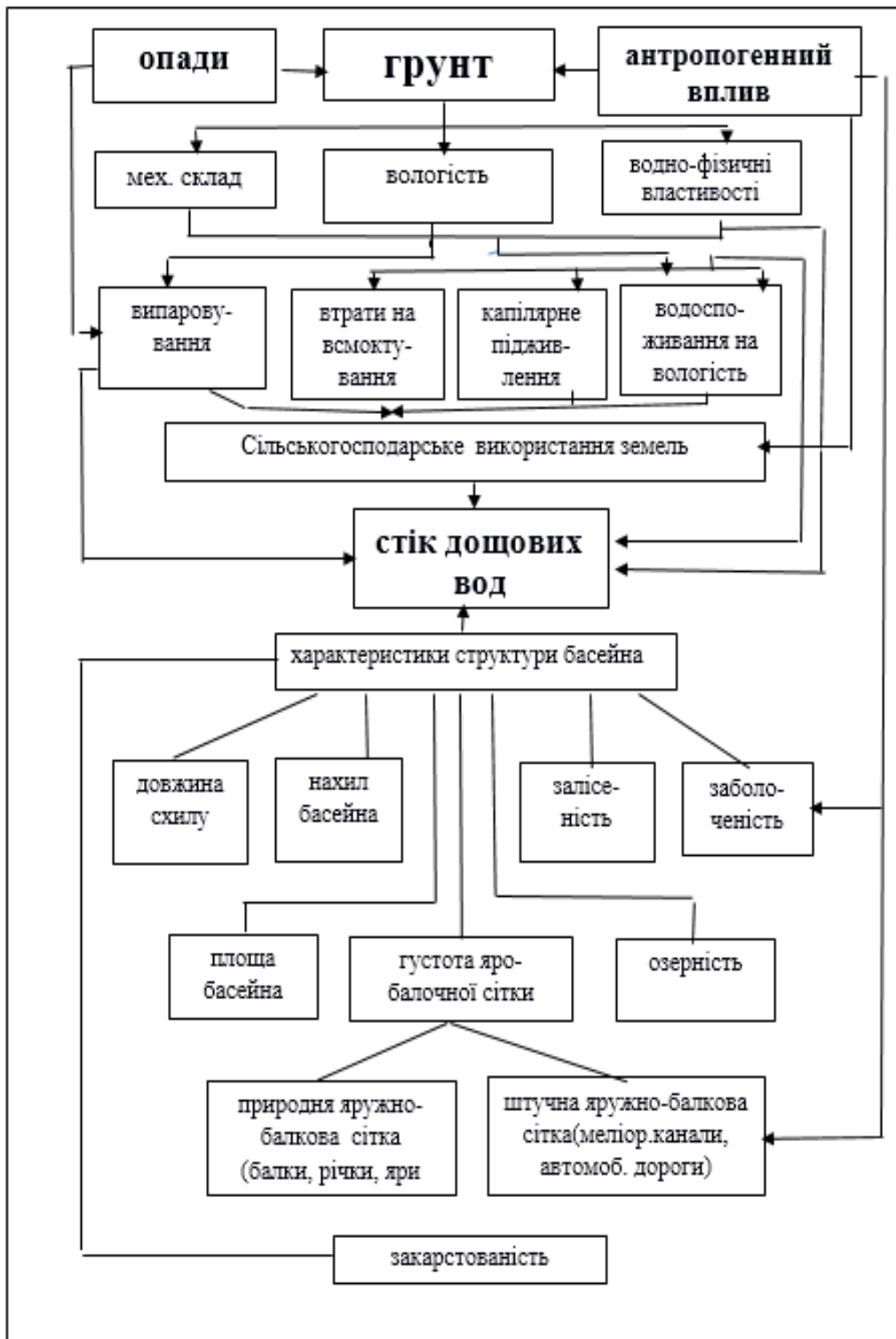


Рис. 1. Блок-схема формування дощового стоку в умовах антропогенних змін

Зазначене свідчить про те, що при рівних умовах випадіння опадів та однаковому типу і стану ґрунтів, але різних рівнях ґрунтових вод, будуть формуватися різні величини максимального водонакопичення. Якщо останнє прийняти постійним, протягом усього вегетаційного періоду ( $h_{\text{max}}$ ), розрахувавши його,

наприклад, при глибині ґрунтових вод рівних 1 м, то викликані у величинах зміни максимального водонакопичення, у зв'язку з регулюванням ґрунтових вод на значення відмінні від 1 м, можуть бути компенсовані поправочним коефіцієнтом обліку зміни максимального водонакопичення за рахунок значень рівнів ґрунтових вод. Зазначений коефіцієнт ( $\xi_{гв}$ ) повинен враховувати механічний склад ґрунту і час вегетаційного періоду, що є визначальними при призначенні норм осушення.

Загальні зміни, що відбуваються у процесі формування паводкового стоку в умовах антропогенних змін, у порівнянні із природними умовами, здійснюються за рахунок перетворення водно-фізичних властивостей ґрунтів, зростання сільськогосподарських площ у межах розглянутого водозбору тощо, автори пропонують виразити у вигляді коефіцієнта обліку рівня антропогенних змін  $K_{аз}$  [4]. Він являє собою, водночас, прогнозну величину, що дає можливість у загальному вигляді оцінити зміну стоку, у зв'язку із антропогенним впливом. Коефіцієнт розраховується на підставі порівняння стоку з природної та антропогенної ділянок або водозбору.

Загально відомо, що при випадінні опадів, спостерігається їх редукція за площею. А якщо врахувати, що визначальними чинниками максимального водонакопичення є шар опадів, тип і стан ґрунту, то можна сказати, що із збільшенням площі поширення повинна спостерігатися і редукція водонакопичення. Зазначене автор пропонує виразити у вигляді коефіцієнта редукції максимального водонакопичення.

Облік впливу на стік ставків та водосховищ (якщо це має місце на водозборі) пропонується враховувати коефіцієнтом  $\delta$ . При водогосподарському та інших видах будівництва часто доводиться користуватися не тільки миттєвими, а й середньодобовими витратами. Зазначене можна виразити коефіцієнтом  $K$ , що дає можливість здійснити перехід від миттєвих до середньодобових максимальних витрат [4]. Різні території окремих досліджуваних районів верхнього та середнього Подніпров'я закарстовані, особливо північна частина України. Закарстованість робить істотний вплив на паводковий стік як у бік його збільшення, так і зменшення, в залежності від типу живлення басейну закарстованими водами. Вплив закарстованості на формування стоку виразимо коефіцієнтом обліку закарстованості  $\delta_k$  [4].

**Висновки.** Таким чином, на підставі конструктивно-географічних особливостей процесу формування паводкового стоку в антропогенних умовах, Мисковець І.Я. [3] отримана формула для обчислення максимальних витрат дощових паводків заданої забезпеченості малих річок та тимчасових водотоків, яка, з урахуванням зазначеного вище, при сукупності розглянутих параметрів, у загальному вигляді може бути представлена зв'язуючою залежністю:

$$Q_{m,p\%} = A \cdot h_{u_{\max,1\%}} \cdot \xi_{zg} \cdot \varphi_{h_B} \cdot \delta \cdot \lambda_p \cdot K_{\Gamma} \cdot K_{A_{h_B}} \cdot K_M \cdot \delta_K, \quad (3)$$

Запропонована формула для розрахунку максимального дощового стоку не враховує, у наявному вигляді, залісненість та заболоченість басейну, ці фактори враховуються у картах максимального водонакопичення, а також втратах стоку на спаді паводку через параметри  $\alpha_{\text{тп}}$  і  $P_{\text{ЕІ}}$ . Малі басейни, які мають більш-менш зарегульований стік за рахунок ставків і озер, зажадали введення у розрахункову формулу коефіцієнта обліку впливу на стік озер  $\delta$ , визначення якого пропонується здійснювати за формулою Г.А. Алексєєва [1] або БНіП 2.01.14-83 [5].

У формулу 3 для розрахунку максимального дощового стоку поправочний коефіцієнт на природне регулювання не вводиться. Це пояснюється тим, що розрахункова швидкість добігання визначається як середньозважена із руслової та заплавної і враховується через уповільнення процесу добігання, яке викликане заплавою. Отже, розрахунок дощового стоку за запропонованою формулою, яка враховує зміни водно-повітряного режиму та водно-фізичні властивості ґрунтів, сільськогосподарське використання земель та інші фактори, підвищує точність розрахункової величини паводкових витрат і сприяє вирішенню актуальних питань щодо антропогенного впливу на довкілля.

### Література

1. Алексєєв Г.А. Методы оценки случайных погрешностей гидрометеорологической информации : Монография. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. 94 с.
2. Бефани А.Н. Основы теории ливневого стока : Монография. Труды ОГМИ. Л.: Гидрометеоиздат, Ч.2. Вып. 14. 1958. 310 с.
3. Мисковець І.Я., Мольчак Я.О., Герасимчук З.В. Річки та їх басейни в умовах техногенезу : Монографія. Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2004. 336 с.
4. Мольчак Я.А.. Дождевой сток в условиях антропогенных изменений. [Текст]: Монография. Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2009. 431 с.
5. Определение расчетных гидрологических характеристик. (СНиП 2.01.14-83) [Текст] М.: Госстройиздат, 1985. 97 с.

### Summary

**Molchak Ya.O., Myskovets I.Ya. Determination of maximum rainwater flows outlays in the conditions of anthropogenic changes.**

*The article contains a systematized set of constructive-geographical researches in studying, analysis and estimation of regime-forming factors of rainwater flows. What is more, all processes of formation of rain flows in nature and serious changes made by human in various physical-geographical conditions of the upper and middle Dnipro lands are highlighted. A new method of calculating the maximum rain runoff has been developed and presented, which takes into account all the main factors influencing the process of its formation, increases the accuracy of the estimated value of flood costs, improves the environment and living conditions and helps to solve current issues of anthropogenic impact on the environment.*

**Keywords:** rain flows, physical and geographical conditions, method, runoff factors, soil, nature, anthropogenic, formation.