

DOI: https://doi.org/10.15407/conf_UHMI_HCC_2025.004

РЕГІОНАЛЬНА МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО ВЕСНЯНОГО СТОКУ РІДКІСНОЇ ЙМОВІРНОСТІ З УРАХУВАННЯМ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ПІВДНІ УКРАЇНИ

Валерія Овчарук

Одеський національний університет імені І.І.Мечникова, Одеса, Україна, valeriya.ovcharuk@onu.edu.ua

Збільшення небезпечних природних явищ у період глобальних кліматичних змін спостерігається в останні десятиріччя практично в усьому світі. За оцінками провідних експертів за останні роки на нашій планеті стали частіше спостерігатися екстремальні погодні явища, які мають негативний вплив на розвиток світової економіки. Серед цих небезпечних природних явищ екстремальні паводки різного генетичного походження становлять значну загрозу для людського суспільства, економіки та навколишнього середовища, спричиняючи людські втрати [1-3].

Регіональні тенденції максимальних витрат повеней у Європі коливаються від збільшення приблизно на 11 % на десятиліття до зменшення на 23 %. Отже, незважаючи на просторову та часову неоднорідність спостережень, визначені зміни повеней в цілому узгоджуються з прогнозами кліматичних моделей за сценарієм RCP4.5 на наступне століття, що свідчить про те, що кліматичні зміни вже відбуваються, і підтверджує необхідність розгляду зміни клімату під розробки планів управління ризиками підчас повеней [4].

Аналіз сучасної наукової літератури в галузі ймовірнісного моделювання екстремально високого та низького стоку річок та умов його формування показав, що для території Півдня України, яка характеризується практичною відсутністю систематичних гідрологічних спостережень на малих річках, а часто й на середніх, найбільш ефективним методом є розробка регіональних методик на базі операторної схеми формування максимального стоку річок [5]. Операторна модель використовується, як в розрахункових методиках (для весняного водопілля та дощових паводків), так й для довгострокового територіального прогнозування характеристик весняного водопілля.

Для розрахунку максимального стоку весняного водопілля різної ймовірності перевищення на річках Півдня України рекомендується модифікована формула операторного виду [6]:

$$q_p = q'_{1\%} \psi(t_p/T_0) \varepsilon_F r \lambda_p k_{3M} \quad \text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2) \quad (1)$$

де $q'_{1\%}$ - розрахунковий модуль схилового припливу 1%-ої ймовірності перевищення, $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$; $\psi(t_p/T_0)$ - трансформаційна функція, яка обумовлена часом руслового добігання; ε_F - трансформаційна функція, яка обумовлена русло-заплавним регулюванням; r - коефіцієнт трансформації, зв'язаний з наявністю на водозборі озер, водосховищ чи ставків руслового типу; λ_p - коефіцієнт переходу від опорної 1%-ої ймовірності перевищення до будь-якої іншої; k_{3M} - коефіцієнти змін клімату, які розраховується за необхідності їх врахування.

Процедура розрахунку ретельно представлена в [7], зупинимось лише на аспектах врахування зміни клімату на максимальний стік весняного водопілля. Отже, якщо на етапах первинної статистичної обробки виявлено наявність значущих трендів у величинах максимальних витрат води та аналіз показує, що ці тренди обумовлені сучасними змінами клімату, то у розрахунковій методиці є можливість врахування змін клімату через коефіцієнт k_{3M} :

$$k_{3M} = \frac{((\bar{S}_m + \Sigma \bar{X}) \cdot \eta)_{\text{прогн.}}}{((\bar{S}_m + \Sigma \bar{X}) \cdot \eta)_{\text{сучасн.}}} \quad (2)$$

Розрахунок коефіцієнту виконується за формулою (2) такому порядку:

1) за даними глобального кліматичного моделювання обирається модель та сценарій, за якими буде врахований вплив змін клімату на максимальний стік весняного водопілля досліджуваного водозбору або регіону. При обранні сценарію та моделі слід, перш за все, враховувати ті, які верифіковані для даної території, або рекомендовані попередніми дослідниками для використання, наприклад, для рівнинної території України;

2) після обрання розрахункової моделі та сценарію, визначається період на який будуть використовуватися прогнознi значення середньобогаторічної річної температури повітря та опадів;

3) для розрахункового періоду та за координатами геометричного центру водозбору визначаються прогнознi значення середньобогаторічної річної температури повітря та опадів річної температури повітря та опадів й $\bar{t}_{np}$ й $\bar{X}_{np}$;

4) за рівняннями (3) або (4) визначаються прогнознi значення середньобогаторічних максимальних снігозапасів.

$$\bar{S}_m = 0,204\bar{X} - 68,3 \quad (3)$$

$$\bar{S}_m = 147,8 - 12,9\bar{t} \quad (4)$$

Вибір рівняння (3) або (4) визначається при верифікації обраної моделі, тобто обирається прогнозна величина, яка показує кращу збіжність з фактичними даними. Зазвичай, температура повітря прогнозується краще у більшості моделей, отже для визначення прогнозних максимальних снігозапасів пріоритетним є використання рівняння (4);

5) наступним етапом є визначення прогнозних значень опадів в період весняного водопілля. З цією метою, використовуючи величину, за рівнянням (5), спочатку розраховуються прогнознi значення опадів теплового періоду (III–V місяці):

$$\bar{X}(III - V)_{np} = 0,22\bar{X}_{np} \quad (5)$$

Для переходу від $\bar{X}(III - V)_{np}$ до $\sum X_{np}$ за формулою (6) по даних кліматичного кадастру встановлюються перехідні коефіцієнти k_s , як відношення норми річних опадів до норми опадів теплового періоду для досліджуваного регіону:

$$k_s = \bar{X}/\bar{X}(III - V) \quad (6)$$

Для рівнинної території України значення k_s коливаються від 0,60 на півночі до 0,25 - на півдні [6]. Отже для отримання параметра $\sum X_{np}$, який необхідний для визначення сумарної водоподачі на водозбір, виконується розрахунок за рівнянням вигляду

$$\sum X_{np} = 0,22\bar{X}_{np} \cdot k_s \quad (7)$$

Таким чином, для того щоб виконати ці розрахунки необхідно мати прогнознi значення середньорічної температури повітря та річної кількості опадів. В [8] обґрунтовано доцільність використання результатів глобального кліматичного моделювання за проектом EURO-CORDEX. Зокрема показано, що найбільш вірним є використання даних осереднених по 14 моделям. На рисунку 1а представлений розподіл коефіцієнту $k_{зм}$, який отримано з використанням даних сценарію RCP4.5. Аналізуючи отримані результати, можна відмітити що на півдні України у період 2021-2050 рр. прогнозується суттєве зниження максимальних витрат весняного водопілля. Так, для річок Причорномор'я, басейну Південного Бугу та Приазов'я прогнозується зменшення максимального стоку у весняний період на 75-80 %, дещо менше у центральній частині досліджуваної території та на північному сході – зменшення максимальних витрат води весняного водопілля на 65-70%.

Результати моделювання за сценарієм RCP8.5 представлені на рисунку 1б. За цим сценарієм картина дещо інша. Найбільше зменшення максимальних витрат очікується у верхній частині Південного Бугу та верхів'ях басейнів річок Приазов'я – до 80 %, на решті території до 2050 року прогнозується зменшення весняного водопілля на 65-70 %.

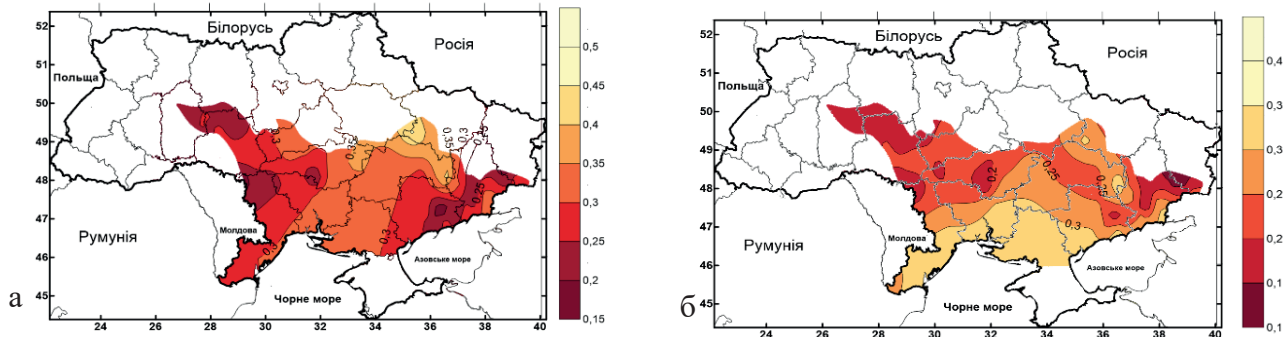


Рисунок 1. Розподіл величини коефіцієнтів впливу змін клімату на весняне водопілля за осередненою моделлю сценарію RCP4.5 (а) та RCP8.5 (б) на період 2021-2050 рр.

Результати перевірочних розрахунків за представленою методикою свідчать про те, що середнє відхилення розрахункових величин від вихідних значень становить $\pm 16,1$ % [7]. Це повною мірою задовольняє точності вимірювання максимальних витрат води на стаціонарній мережі Гідрометслужби України та точності вихідної інформації по витратах води, яка дорівнює $\pm 18,5$ %.

Список використаних джерел

1. Baldassarre G. D. Floods in a Changing Climate: Inundation Modelling. International Hydrology Series of Cambridge University Press. 2012. Vol. 1. P. 118-122. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139088411>
2. Dottori F. et al. Increased human and economic losses from river flooding with anthropogenic warming. J. Nat. Clim. Change. 2018. 8(9). P. 781-786. <http://dx.doi.org/10.1038/s41558-018-0257-z>
3. Climate Change and Land: an IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems / Edited by: P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade et.al. IPCC, 2019. 36 p.
4. Blöschl G. et al. Changing climate both increases and decreases European river floods. Nature. 2019. Vol. 573. P. 108-111. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1495-6>
5. Ovcharuk V.A., Hopchenko Ye.D. The modern method of maximum spring flood runoff characteristics valuation for the plain rivers of Ukraine. Ukrainian Geographical Journal. 2018. №2. p.26-33. <https://doi.org/10.15407/ugz2018.02.026>
6. Овчарук В.А. Максимальний стік весняного водопілля рівнинних річок України : монографія. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2020. 300 с.
7. Екстремальні гідрологічні явища на річках Півдня України: розрахунки і прогнози: монографія/ за ред. В.А. Овчарук та Ж.Р. Шакірзанової. Одеса: Одеський державний екологічний університет, 2024. 674 с. <http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/13144/>
8. Nataliia S. Loboda, Yurii S. Tuchkovenko, Mykhailo O. Kozlov, Iryna V. Katynska. Assessment of River Water Inflow into the Sasyk Estuary-Reservoir According to RCP4.5 and RCP8.5 Climate Change Scenarios for 2021-2050. Journal of Geology, Geography and Geoecology. 2021. Vol. 30 (2). 315–325. <https://doi.org/10.15421/112128>

Ключові слова: максимальний стік, весняне водопілля, зміна клімату