

УДК 556.166

Овчарук В.А., Іващенко С.В

Одеський державний екологічний університет, м.Одеса

РЕГІОНАЛЬНА МЕТОДИКА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ РІЧОК СУББАСЕЙНУ Р.ДЕСНА В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

Ключові слова: *максимальний стік; весняне водопілля; зміни клімату, модифікована операторна модель.*

Вступ. Об'єктом дослідження є максимальний стік води весняного водопілля річок суббасейну р. Десни. Згідно сучасного гідрографічного районування України у межах 4-х районів річкових басейнів, зокрема в районі басейну річки Дніпро, виділено наступні суббасейни: суббасейни Верхнього Дніпра, Середнього Дніпра, Нижнього Дніпра і окремо суббасейни р.Прип'ять і р.Десна [13].

Суббасейн р. Десна є цілісним його межа проходить по лінії державного кордону з Республікою Білорусь, Російською Федерацією і через населені пункти по лінії вододілу [12].

Річка Десна представляє собою найбільшу за площею водозбору ($F=88,9$ тис.км²) і другу за величиною довжини ліву притоку р. Дніпро ($L=1130$ км), стік якої формує до 20% його водного стоку. Більша частина суббасейну р.Десни розташована в межах зони мішаних лісів (Чернігівського та Новгород-Сіверського Полісся), південно-східна частина суббасейну знаходиться в межах лісостепової зони (Сумська схилово-височинна область) [1].

Характер водного режиму річок більшою мірою визначається особливостями водопілля, його тривалістю і частковою участю талих вод у річному стоці, що у свою чергу зумовлюється типом живлення річок.

У суббасейні Десни весняне водопілля починається на її притоках, які розташовані у нижній частині басейну. По мірі просування фронту сніготанення на північ (в середньому від 3 до 5 діб) сніготанення починає охоплювати весь басейн річки. На малих та середніх річках басейну у верхній та середній течії річки (р.Сейм), середні дати початку весняного водопілля припадають на другу декаду березня місяця, загалом середня тривалість водопілля складає 55-65 діб, але в роки, коли траплялись високі та інтенсивні водопілля тривалість складає 40-45 діб, під час переривчастого сніготанення може досягати від 80 до 100 діб [5].

Постановка проблеми. Наявність кліматичних змін різного масштабу на даний час відмічається у більшості країн світу. Наслідки цих змін носять різний, а іноді й суперечливий характер. Тим не менш, практично не підлягає сумніву тенденція до збільшення числа та інтенсивності небезпечних гідрометеорологічних явищ в останні десятиріччя. До числа небезпечних гідрологічних явищ відносяться, перш за все, паводки різного походження. Для рівнинної території України характерним є проходження весняного водопілля, для гірських території (Карпати та Крим) - паводків протягом року. За останні десятиліття, починаючи з 1989 року, середня річна температура повітря в межах рівнинної території України зросла на 0,8 °С [5]. Зміни кількості опадів і підвищення температури повітря, зумовлені зміною

глобального клімату в цілому, впливають на водні ресурси та динаміку їх розповсюдження.

Таким чином, при виконанні гідрологічних розрахунків, зокрема визначенні максимальних витрат води заданої ймовірності перевищення, необхідно враховувати довгострокові тренди та сучасні зміни у часових рядах стокоформуючих факторів весняного водопілля. Ця проблема може бути вирішена шляхом розробки нових та удосконалення існуючих методик для визначення максимального стоку річок не охоплених стаціонарними спостереженнями на них.

Аналіз попередніх досліджень та публікацій. Умови формування і аналіз характеристик максимального стоку весняного водопілля, терміни проходження і тривалості водопілля визивають достатньо великий інтерес у вітчизняних і закордонних вчених.

Аналізуючи публікації останніх років серед закордонних вчених, перш за все необхідно відмітити масштабне дослідження часових трендів у рядах максимального стоку річок Європи [15,16]. Згідно з цими роботами, для басейну р. Десна спостерігається стійкий тренд до більш ранніх дат сніготанення під час формування весняного водопілля та зменшення величин максимальних витрат води.

За останні десятиріччя українські вчені також досліджували особливості формування весняного водопілля на Десні, зокрема аналізу строків і динаміки проходження весняного водопілля в суббасейні р. Десни присвячені роботи [14], створенню каталогу весняних водопіль [3]. Просторовий розподіл часових характеристик формування весняного водопілля з використанням ГІС-технологій представлено в роботі [7], моделювання змін поверхневого стоку на річках України з використанням даних регіональної кліматичної моделі REMO виконане авторами [17,18], апробація сучасної процесно-орієнтованої моделі SWAT для відтворення гідрологічних процесів в басейні р. Десна представлена в роботі [19].

Що стосується розробки методик для визначення максимального стоку, то у роботі [2] представлена регіональна методика для нормування характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Сейм (притока суббасейну р. Десни), але вона обґрунтована на матеріалах спостережень гідрометеорологічних спостережень лише до 2000 року включно, отже на даний час потребує уточнення.

Метою дослідження є розробка регіональної методики щодо розрахунку максимального стоку весняного водопілля рідкісної ймовірності перевищення ($P=1\%$) для річок суббасейну р. Десна за допомогою використання і практичної реалізації нового варіанту розрахункової методики з врахуванням впливу можливих кліматичних змін на максимальний стік весняного водопілля на досліджуваному басейні.

Вихідні дані. Для обґрунтування основних розрахункових параметрів методики використані дані стаціонарних спостережень за гідрологічними характеристиками максимального стоку весняного водопілля (витрати води, шари стоку та тривалість водопілля) та метеорологічними чинниками його формування (максимальні снігозапаси та опади за водопілля) за період від їх початку до 2015 р. включно.

Виклад основного матеріалу дослідження. В якості розрахункової методики використаний модифікований варіант операторної моделі формування стоку, яка заснована на теорії руслових ізохрон [9] й дає можливість враховувати «кліматичні поправки» безпосередньо по максимальних снігозаписах, опадах та коефіцієнтах стоку у період водопілля.

Розрахункове рівняння для визначення максимальних модулів стоку весняного водопілля має вигляд:

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

де r – коефіцієнт редукції q_m під впливом озер, водосховищ, ставків проточного типу; ε_F – трансформаційна функція, яка обумовлена русло-заплавним регулюванням; $\psi(t_p / T_0)$ – трансформаційна функція, яка обумовлена часом руслового добігання; λ_p – коефіцієнт переходу від опорної 1%-ої ймовірності перевищення до будь-якої іншої; $q'_{1\%}$ – модуль схилового припливу, який розраховується за рівнянням:

$$q'_{1\%} = 0,28 \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} (S_m + \Sigma X)_{1\%} \eta, \text{ м}^3/\text{с}\cdot\text{км}^2, \quad (2)$$

де 0,28 – коефіцієнт розмірності; $(n+1)/n$ – коефіцієнт часової нерівномірності схилового припливу до руслової мережі; T_0 – тривалість схилового припливу (у годинах); η – коефіцієнт стоку; S_m – максимальні снігозапаси до початку водопілля, мм; ΣX – кількість опадів від дати S_m до закінчення водопілля, мм; k_{zm} – коефіцієнт змін клімату розраховується за формулою:

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

В формулі (3) осереднені за багаторічний період прогностні величини середніх максимальних снігозапасів, опадів та коефіцієнтів стоку весняного водопілля визначаються по прогностних значеннях температури і опадів за будь-яким сценарієм та моделлю на обраний розрахунковий період. Відповідні сучасні значення тих же самих величин отримані за результатами розрахунків по наявних рядах гідрометеорологічних спостережень [9].

З метою обґрунтування регіональних параметрів обраної розрахункової регіональної методики виконана статистична обробка рядів максимальних витрат води весняного водопілля, шарів стоку і максимальних запасів води у сніговому покриві, у відповідності в рекомендацією СНіП 2.01.14-83 [11], виконувалася з використанням кривих біноміального і трипараметричного гамма-розподілу по методах моментів та найбільшої правдоподібності. На базі отриманих характеристик розраховані величини стоку заданої забезпеченості ($P=1,3,5,10\%$).

Сумарне надходження води у суббасейн Десни. Оскільки модифікований варіант операторної моделі ґрунтується на використанні даних про максимальні снігозапаси на початок водопілля $\bar{S}_m$, ця характеристика узагальнена у вигляді карти (рис.1) в межах досліджуваного суббасейну. Напрямок ізоліній на отриманій карто-схемі свідчить про убування величин максимальних снігозапасів по мірі зменшення континентальності клімату – з півночі і північного сходу (від 90 мм) на захід і південь (до 50 мм).

Однак у розрахункових формулах максимального стоку використовується загальний шар стоку води за водопілля, й отже величина $(\bar{S}_m)$ враховує не всі види надходження води на водозбір.

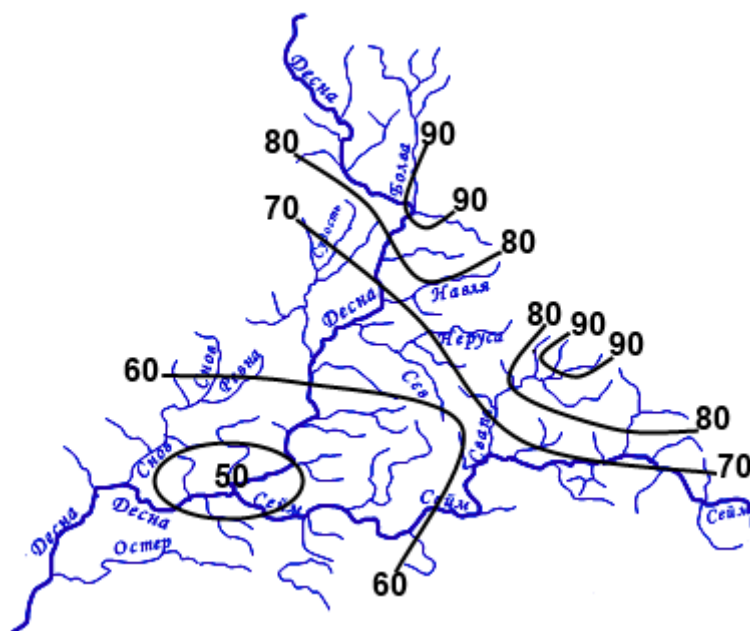


Рис.1. Карта-схема розподілу середньобаторічних величин максимальних запасів води в сніговому покриві (відкрита місцевість) в суббасейні р. Десна, в мм

Тому необхідно враховувати кількість опадів на початку сніготанення і в процесі розвитку водопілля. За даними метеостанцій, розташованих в межах розглядуваного басейну, про середню багатолітню кількість опадів X під час водопілля побудовані їх залежності від тривалості водопілля. У результаті аналізу залежностей $T_n = f(\lg(F+1))$ і $X = f(T)$ отримано розрахункове рівняння для опадів X :

$$\sum X = k_T T_n, \quad (4)$$

де $k_T = 0,09(\varphi - 50^\circ) + 1,19$; $T_n = 23,4 \cdot F^{0,1003}$, (F – площа водозбору, км²; φ – широта центру тяжіння водозбору, °півн.ш).

Коефіцієнти стоку весняного водопілля. Коефіцієнт стоку представляє собою відношення шару стоку води за водопілля Y_m до величини водовіддачі $(S_m + \sum X)$, тобто:

$$\eta = Y_m / (S_m + \sum X). \quad (5)$$

Оскільки розглядаються водопілля рідкісної ймовірності перевищення ($P=1\%$), то фактично $\eta = \eta_{1\%}$, причому в цьому випадку:

$$\eta = Y_{1\%} / (S_m + \sum X)_{1\%}. \quad (6)$$

Коефіцієнти стоку η розраховані за рівнянням (6) та представлені для всієї території суббасейну Десни у вигляді карто-схеми (рис.2), значення змінюються від 0,60 до 1,00.

Визначення характеристик та обґрунтування коефіцієнтів нерівномірності схилового і руслового припливу у суббасейні р. Десна. При розробці розрахункових методики максимального стоку заснованих на теоретичних схемах, визначення елементів схилового припливу є важливою задачею, у період формування максимального стоку весняного водопілля практично неможливо безпосередньо виміряти схилу водовіддачу.

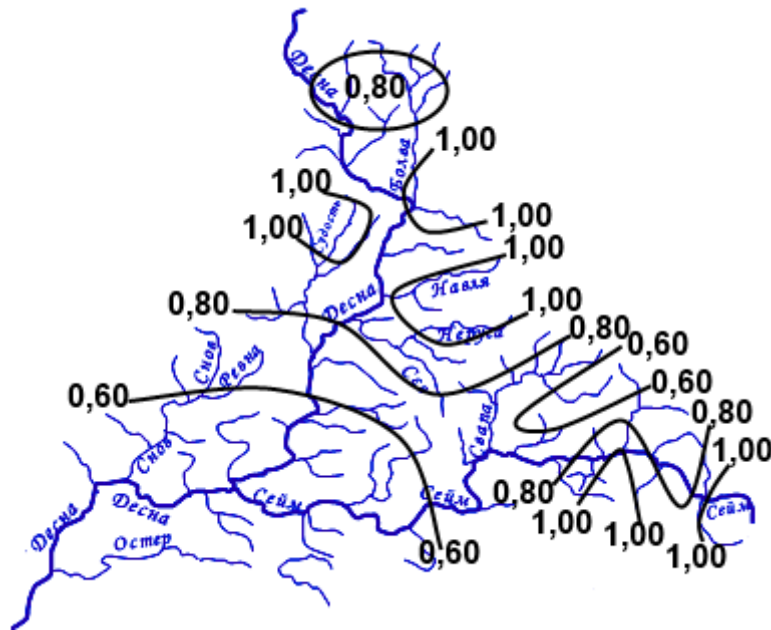


Рис. 2. Карта-схема розподілу коефіцієнта стоку η по території суббасейну р. Десна.

В розрахункових формулах максимального стоку, зазвичай використовуються такі характеристики схилового припливу, як коефіцієнти часової нерівномірності схилового припливу $(n+1)/n$ і тривалість припливу води зі схилів до руслової мережі T_0 [6]. Щодо визначення тривалості схилового припливу T_0 і коефіцієнта нерівномірності схилового припливу $(n+1)/n$, то вони є не вимірювальними характеристиками, оскільки безпосереднє визначення схилової водовіддачі на сучасному рівні дослідження не проводиться. На практиці використовується метод визначення коефіцієнтів нерівномірності $(n+1)/n$ за відсутності водно балансових станцій, існує підхід представлений в [9] для визначення $(n+1)/n$, через коефіцієнти нерівномірності руслового стоку $(m+1)/m$, що розраховуються за формулою:

$$\frac{m+1}{m} = \frac{\bar{Q}_m \bar{T}_n}{\bar{Y}_m F} \cdot 86,4, \quad (7)$$

де $\bar{Q}_m$ – середньобогаторічна максимальна витрата води річкового стоку; $\bar{T}_n$ – тривалість повені; $\bar{Y}_m$ – шар стоку за період весняної повені; F – площа водозбору, в км².

Узагальнення $(m+1)/m$ по території, показало, що він інтегрально може бути відображений через площу водозбору F . Екстраполяція функції $(m+1)/m = f(F)$ на вісь ординат приводить до шуканої величини параметра по формулі:

$$\left(\frac{m+1}{m} \right)_{F=0} = \frac{n+1}{n} \quad (8)$$

визначається оберненим шляхом з рівняння (1). Узагальнення значення ε_F по території виконано в залежності від площі водозбору F (рис.4), яка добре описується рівнянням експоненціального вигляду:

$$\varepsilon_F = e^{-0,329 \lg(F+1)} . \quad (10)$$

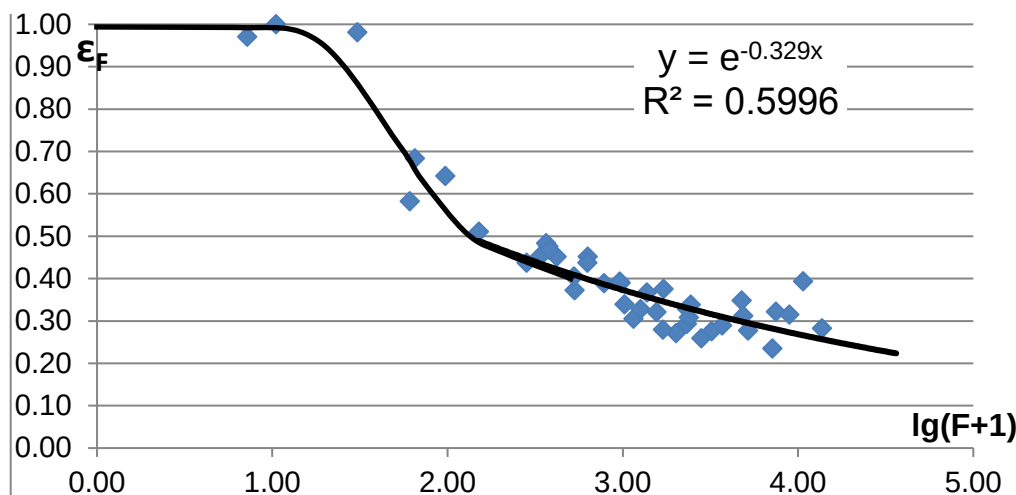


Рис. 4. Залежність коефіцієнтів русло-заплавного регулювання і водообміну від площі для водозборів річок суббасейну Десни

Для річок з площею менше $F < 100 \text{ км}^2$ для визначення коефіцієнту ε_F можна користуватися як залежністю (10), так й (табл.1).

Таблиця 1. Коефіцієнти русло-заплавного регулювання максимального модуля стоку весняного водопілля для річок суббасейну р. Десни з площею $F < 100 \text{ км}^2$

$F, \text{ км}^2$	0	10	20	30	40	50	75	100
ε_F	1,0	1,0	0,97	0,90	0,80	0,71	0,60	0,57

Визначення коефіцієнтів впливу змін клімату. Підґрунтям для сучасних досліджень проєкцій змін клімату і водних ресурсів є чотири основні сюжетні лінії СДСВ (Спеціальна доповідь про сценарії викидів, в рамках яких розглядається низка можливих змін чисельності населення і економічної активності на протязі XXI століття). Сценарії є також засобом для аналізу тих чинників, які можуть впливати на показники викидів CO_2 , а також для оцінки пов'язаних з ними невизначеностей.

Врахування можливих змін клімату виконане з використанням даних регіональної кліматичної моделі RACMO2 та сценаріїв RCP4.5 (а) і RCP8.5 (б) [10] (рис. 5).

Отримані результати, свідчать проте, що значення не суттєво відрізняються, а саме – за сценарієм RCP4.5 прогнозується зниження максимальних модулів весняного водопілля до 2050 року на рівні 5-10%, а за більш жорстким сценарієм (RCP8.5) – 10-20%.

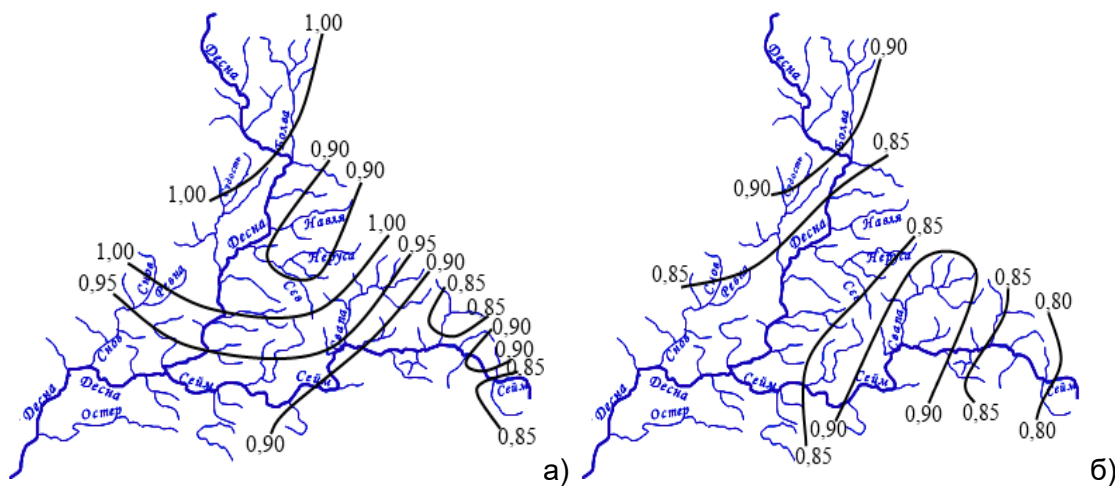


Рис.5. Розподіл коефіцієнтів впливу змін клімату k_{3M} на максимальні модулі стоку весняного водопілля $q_{1\%}$ в суббасейні р. Десна, (модель RASMO2) на період 2016 - 2050 рр. відносно даних до 2015 р.

Висновки. На основі даних сучасних спостережень розроблена регіональна модель для визначення максимальних модулів стоку рідкісної ймовірності перевищення в суббасейні р.Десни.

Всі параметри пропонованої методики обґрунтовані й представлені у вигляді розрахункових карт, залежностей та рівнянь для практичного використання при розрахунках максимального стоку для невивчених у гідрологічному відношенні річок.

Перевагою пропонованої методики є те, що в її основу покладена теорія руслових ізохрон, яка дозволяє описати природний процес формування стоку у вигляді *оператору «схиловий приплив - русловий стік»*, а також окремо враховувати можливий вплив змін клімату на максимальний стік весняного водопілля.

Точність розрахунків максимального стоку весняного водопілля з використанням модифікованої операторної методики для річок досліджуваної території суббасейну р.Десни складає ($\Delta=\pm 22,3\%$), що відповідає точності вимірювань максимальних витрат води ($\pm 20\%$) та вимогам нормативного документу СНіП 2.01-14-83, який допускає точність розрахунку для максимального стоку річок на рівні $\pm 25\%$.

Отримані результати можуть бути використані для потреб водного господарства та раціонального використання водних ресурсів суббасейну р.Десни з урахуванням мінливості характеристик максимального стоку весняного водопілля в умовах нестійкого клімату.

Список літератури

1. Атлас України / кер. проекту Л.Г.Руденко, В.С.Чабанюк, А.І.Бочковська / Інститут географії Національної академії наук України і Товариство з обмеженою відповідальністю «Інтелектуальні системи ГЕО», Інтелектуальні Системи ГЕО, 1999-2000.
2. Бойко В.М. Розрахункова методика для визначення максимального весняного стоку в басейні р.Сейм: (дис. канд.геогр.наук.) : 11.00.07 / Одеський державний екологічний університет. Одеса, 2003. 298 с.
3. Горбачова Л.О., Колянчук О.В. Каталог весняних водопіль в басейні річки Десна. Зб. наук. пр. УкрНДГМІ, 2011. Вип. 261. С. 179 -191.
4. Горбачова Л.О., Кошкіна О.В. Часові закономірності дат настання основних характеристик весняного водопілля в басейні річки Десна. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2013. Т. 2. С. 30-37. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/glghge_2013_2_5
5. Гребін В. В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз): монографія. Київ: Ніка-Центр, 2010. 316 с. ISSN:2306-5680

6. Іващенко С.В. Максимальний стік весняного водопілля річок Чернігівського та Новгород-Сіверського Полісся // Тези доповідей Шевченківської весни - 2017. Географія. К.:Прінт Сервіс, 2017. Випуск XV. С. 45-48. **7. Кошкіна О.В., Глотка Д.В.** Просторовий розподіл гідрометеорологічних характеристик весняного водопілля в басейні р. Десна з використанням ГІС. 36. наук. пр. УкрНДГМІ, 2013. Вип. 264. С. 64-71. **8. Овчарук В.А., Голченко Є.Д., Семенова І.Г.** Науково-методичні підходи до врахування глобальних змін клімату при розрахунках максимального стоку річок // Вісник Одеського державного екологічного університету. Вип.14. Одеса: ТЕС, 2012. С.141–150. **9. Овчарук В.А., Голченко Є.Д.** Сучасна методика нормування характеристик максимального стоку весняного водопілля рівнинних річок України // Український географічний журнал. 2018. Вип.2. С.26-33. <https://doi.org/10.15407/ugz2018.02.026>. **10. Овчарук В.А., Іващенко С.В.** Практична реалізація модифікованої операторної моделі для визначення максимального стоку весняного водопілля в суббасейні р. Десни // Тези доповідей VII Всеукраїнської наукової конференції з міжнародною участю «Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології», присвяченої 100-річчю від дня заснування Національної академії наук України, 13-14 листопада 2018 р., м. Київ, 2018. С. 39-40. **11.** Пособие по определению расчётных гидрологических характеристик. Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. 450 с. **12.** Про затвердження меж районів річкових басейнів, суббасейнів та водогосподарських ділянок / Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України від 03.03.2017 № 103. **13. Khilchevsky V.K., Grebin V.V., Sherstyuk N.P.** Modern hydrographic and water management zoning of Ukraine's territory – Implementation of the WFD-2000/60/EC// Electronic book with full papers XXVIII Conference of the Danubian Countries on Hydrological Bases of Water Management. Kyiv.-2019. pp.209-223. **14. Чорноморець Ю.О., Фріндт К.Т.** Багаторічна динаміка термінів проходження весняного водопілля на річках басейну Десни. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2010. Т. 2(19). С. 94-105. **15. Blöschl, G. et al.** (2017). Changing climate shifts timing of European floods. Science. Vol. 357, Issue 6351, 588-590. DOI: 10.1126/science.aan2506. **16. Blöschl, G. et al.** (2019). Changing climate both increases and decreases European river floods. Nature.Vol. 573, p.108–111. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1495-6> **17. Краковська С. В., Гнатюк Н. В.** Зміни поверхневого річкового стоку в Україні до 2050 р. за проекцією регіональної кліматичної моделі Ремо. Геоінформатика, 2013. № 3. С. 76-81. **18.** Регіональні зміни клімату України : Методичні вказівки до навчального курсу для студентів географічного факультету спеціальності «Метеорологія та кліматологія» / укл. Л. В. Паламарчук, С. В. Краковська. К. : Прінт-Сервіс, 2018. 90 с. **19. Осипов В.В, Осадча Н.М., Слепа О.С.** Моделювання гідрологічних процесів басейну річки Десна засобами SWAT (SOIL AND WATER ASSESSMENT TOOL) / Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології. Київ : Ніка-Центр, 2019. С.122-131.

References

1. Atlas Ukrainy / ker. proektu L.H.Rudenko, V.S.Chabaniuk, A.I.Bochkovska / Instytut heohrafiї Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy i Tovarystvo z obmezheniou vidpovidalnistiu «Intelektualni systemy HEO», Intelektualni Systemy HEO, 1999 - 2000. **2. Boiko V.M.** Rozrakhunkova metodyka dlia vyznachennia maksymalnoho vesnianoho stoku v baseini r.Seim.: (dys. kand.heohr.nauk.): 11.00.07 / Odeskyi derzhavnyi ekolohichnyi universytet. Odessa, 2003. 298 s. **3. Horbachova L.O., Kolianchuk O.V.** Katalog vesnianykh vodopil v baseini richky Desna. Zb. nauk. pr. UkrNDHMI. 2011. Vyp. 261. S. 179 -191. **4. Horbachova L.O., Koshkina O.V.** Chasovi zakonomirnosti dat nastannia osnovnykh kharakterystyk vesnianoho vodopillia v baseini richky Desna. Hidrolohiia, hidrokhiimiia i hidroekolohiia. 2013. T. 2. S. 30-37. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/glghge_2013_2_5 **5. Hrebin V. V.** Suchasnyi vodnyi rezhym richok Ukrainy (landshaftno-hidrolohiichnyi analiz): monohrafiia. Kyiv: Nika-Tsentr, 2010. 316 s. **6. Ivashchenko S.V.** Maksymalni stik vesnianoho vodopillia richok Chernihivskoho ta Novhorod-Siverskoho Polissia. Tezy dopovidei Shevchenkivskoi vesny - 2017. Heohrafiia :K.:Print Cervis, 2017. Vypusk KhV. S. 45-48. **7. Koshkina O.V., Hlotka D.V.** Prostorovi rozpodil hidrometeorolohichnykh kharakterystyk vesnianoho vodopillia v baseini r.Desna z vykorystanniam HIS. Zb. nauk. pr. UkrNDHMI. 2013. Vyp. 264. S. 64-71. **8. Ovcharuk V.A., Hopchenko Ye.D., Semenova I.H.** Naukovo-metodychni pidkhody do vrakhuvannia hlobalnykh zmin klimatu pry rozrakhunkakh maksymalnoho stoku richok // Visnyk Odeskoho derzhavnoho ISSN:2306-5680 **Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2020. № 1 (56)**

ekolohichnoho universytetu. Vyp.14. Odesa: TES, 2012. S.141– 150. **9.** Ovcharuk V.A., Hopchenko Ye.D. Suchasna metodyka normuvannia kharakterystyk maksimalnogo stoku vesnianoho vodopillia rivnyynykh richok Ukrainy // Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal. 2018. Vyp.2. S.26-33. <https://doi.org/10.15407/ugz2018.02.026> **10.** Ovcharuk V.A., Ivashchenko S.V. Praktychna realizatsiia modyfikovanoi operatornoi modeli dlia vyznachennia maksimalnogo stoku vesnianoho vodopillia v subbaseini r. Desny // Tezy dopovidei VII Vseukrainskoi naukovoï konferentsii z mizhnarodnoiu uchastiu «Problemy hidrolohii, hidrokhimii, hidroekolohii», prysviachenoï 100-richchiu vid dnia zasnuvannia Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy, 13-14 lystopada 2018 r., m. Kyiv, 2018. S. 39-40. **11.** Posobie po opredeleniju raschjotnykh gidrologicheskikh harakteristik. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1984. 450 s. **12.** Pro zatverdzhennia mezh raioniv richkovykh baseiniv, subbaseiniv ta vodohospodarskykh dilianok / Nakaz Ministerstva ekolohii ta pryrodnykh resursiv Ukrainy vid 03.03.2017 № 103. **13.** Khilchevsky V.K., Grebin V.V., Sherstyuk N.P. Modern hydrographic and water management zoning of Ukraine's territory – Implementation of the WFD-2000/60/EC// Electronic book with full papers XXVIII Conference of the Danubian Countries on Hydrological Bases of Water Management. Kyiv.2019. pp.209-223. **14.** Chornomorets Yu.O., Frindt K.T. Bahatorichna dynamika terminiv prokhodzhennia vesnianoho vodopillia na richkakh baseinu Desny. Hidrolohii, hidrokhimii i hidroekolohii. 2010. T. 2(19). S. 94-105. **15.** Blöschl, G. et al. (2017). Changing climate shifts timing of European floods. Science. Vol. 357, Issue 6351, 588-590. DOI: 10.1126/science.aan2506 **16.** Blöschl, G. et al. (2019). Changing climate both increases and decreases European river floods. Nature.Vol. 573, p.108–111. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1495-6> **17.** Krakovska S. V., Hnatiuk N. V. Zminy poverkhnevoho richkovoho stoku v Ukraini do 2050 r. za proektsiieiu rehionalnoi klimatychnoi modeli Remo Heoinformatyka, 2013. № 3. S. 76-81. **18.** Rehionalni zminy klimatu Ukrainy : Metodychni vkazivky do navchalnogo kursu dlia studentiv heohrafichnoho fakultetu spetsialnosti «Meteorolohii ta klimatolohii» / ukl. L. V. Palamarchuk, S. V. Krakovska. K. : Print-Servis, 2018. 90 s. **19.** Osypov V.V, Osadcha N.M., Speka O.S. Modeliuvannia hidrolohichnykh protsesiv basejnu richky Desna zasobamy SVAT (SOIL AND WATER ASSESSMENT TOOL) / Problemy hidrolohii, hidrokhimii, hidroekolohii. Kyiv : Nika-Tsentr, 2019. S.122-131.

Регіональна методика для визначення максимального стоку весняного водопілля річок суббасейну р.Десна в умовах змін клімату

Овчарук В.А., Іващенко С.В

У статті представлені результати розробки регіональної методики для розрахунку характеристик максимального стоку весняного водопілля рідкісної ймовірності перевищення для річок суббасейну р. Десна. Для розробки методики авторами використаний модифікований варіант операторної моделі розрахунку характеристик весняного водопілля, який включає в себе гідрологічні вихідні дані по максимальному стоку весняного водопілля (максимальні строкові витрати води, шари стоку, тривалість водопілля) та дані метеорологічних вимірювань (максимальні запаси води в сніговому покриві та опади за період проходження водопілля).

Ключові слова: максимальний стік; весняне водопілля; зміни клімату; модифікована операторна модель.

Региональная методика для определения максимального стока весеннего половодья рек суббасейна Десна в условиях изменений климата

Овчарук В.А., Иващенко С.В.

В статье представлены результаты разработки региональной методики для расчета характеристик максимального стока весеннего половодья редкой вероятности превышения для рек суббасейна Десны. Для разработки методики авторами был использован модифицированный вариант операторной модели расчета характеристик весеннего половодья, который включает в себя гидрологические исходные данные по максимальному стоку весеннего половодья (максимальные срочные расходы воды, слои стока, продолжительность половодья) и данные метеорологических измерений (максимальные запасы воды в снежном покрове и осадки за период прохождения половодья).

Ключевые слова: максимальный сток; весеннее половодье; изменения климата; модифицированная операторная модель.

Regional method for determination the maximum runoff of the spring flood in sub-basin the Desna River under the climate change

Ovcharuk V.A., Ivashchenko S.V.

The results of development of the regional methodology for calculating the maximum water runoff of the rare probability of exceedance for the rivers of the sub-basin the Desna River under the conditions of modern climate change are presented.

As basic for calculation authors used a modern modified version of the operator model of runoff formation developed at the Odessa State Environmental University to determine the characteristics of spring flood, which allows taking into account the influence of climate change on the calculated characteristics of the maximal runoff modules. The advantage of the proposed method is that it is based on the theory of channel isochrones, which allows describing the natural process of formation of runoff in the form of the operator "slope tide - channel runoff".

To substantiate the basic calculation parameters of the author's methodology, was used the data of direct observations on the hydrological characteristics of the maximum waterrunoff of the spring flood (water discharges, depth of runoff and duration of the influx) and meteorological factors of its formation (maximum snow supply and precipitation during spring flood) for the period since its beginning to 2015, including.

In the process of standardization of the main components of the proposed methodology, methods of statistical processing, spatial generalization, numerical problem solving and mathematical modeling were used.

To account for possible climate change, the original author's scientific and methodological approach is proposed, which is to determine "climate corrections" on the basis of modern baseline data - maximum of the water snow supply and precipitation during spring flood and runoff coefficients of the water, taking into account their dependence from long-term annual air temperatures that are projected according to the developed climate models and scenarios.

The modified version of the operator model is proposed to be used as a regional calculation technique for determining maximum runoff modules of the rare probability of exceeding for ungauged rivers in the Desna sub-basin during the passage of the spring flood.

Keywords: maximum runoff; spring flood; climate change; modified version of the operator model.

Надійшла до редколегії 27.12.2019

УДК 556.166

Москаленко С.О., Бесараб Ю.С., Лук'янець О.І.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

МАКСИМАЛЬНИЙ СТІК ВОДИ РІЧОК БАСЕЙНІВ ПРУТУ І СІРЕТУ В МЕЖАХ УКРАЇНИ ТА ЙОГО БАГАТОРІЧНА ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА МІНЛИВІСТЬ

Ключові слова: річки басейну Пруту та Сірету; максимальний стік; максимальні строкові та середньодобові витрати води; однорідність часових рядів; статистичні параметри; багаторічна просторово-часова мінливість; сумарні та різницеві інтегральні криві; ковзне осереднення.

Вступ. Максимальний стік води річок відноситься до числа важливіших екстремальних режимних характеристик річкового стоку води річок, який може обумовити різні прояви катастрофічних ситуацій (затоплення територій, населених пунктів, руйнування мостів, будівель, гідротехнічних споруд, тощо). Високі підйоми рівнів води та відповідне збільшення витрат води спостерігаються на річках в періоди проходження водопілля, паводків. Вони залежать від інтенсивності та тривалості подачі води на поверхню басейна, від швидкостей стікання, від стану водозбору.

Максимальний стік води річок може виражатися найбільшою витратою води (об'ємом чи шаром стоку) за основну хвилю водопілля або паводку в даному році. Максимальні витрати води можуть бути найбільшими середньодобовими,