

/ Г.А. Пановский, Г.В. Брайер. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 242 с. **5.** Школьный Е.П. Обработка та аналіз гідрометеорологічної інформації: підручник / Е.П. Школьный, І.Д. Лоева, Л.Д. Гончарова. – К.: Міносвіти України, 1999. – 600 с. **6.** Лобода Н.С. Методи статистичного аналізу у гідрологічних розрахунках і прогнозах: Навчальний посібник / Н.С. Лобода. – Одеса: Екологія, 2010. – 184 с. **7.** Батырева О.В. Использование рядов наблюдений различной продолжительности в дискриминантном анализе / О.В. Батырева, Л.Е. Лукиянова // Труды Гидрометцентра СССР. – 1991. – Вып. 311. – С. 64-71. **8.** Митропольский А.К. Техника статистических вычислений / А.К. Митропольский. – М.: Физмат Гиз, 1961. – 479 с. **9.** Пособие по определению расчётных гидрологических характеристик. СНиП 2.01.14-83 – (діючий від 1983 01.01) – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 448 с. **10.** Гребінь В. В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) / В.В. Гребінь. – К.: Ніка-Центр, 2010. – 316 с. **11.** Гопченко Є.Д. Зміни гідрометеорологічних характеристик весняного водопілля на рівнинних річках України / Є.Д. Гопченко, В.А. Овчарук, Ж.Р. Шакірзанова // Український гідрометеорологічний журнал. – 2012. – №10. – С.133-142.

Ефективність територіально-загального методу довгострокового прогнозування характеристик максимального стоку весняного водопілля річок України

Шакірзанова Ж.Р.

Здійснено перевірку ефективності територіально-загальної методики для довгострокових прогнозів шарів стоку та максимальних витрат води весняного водопілля в умовах сучасних кліматичних змін.

Ключові слова: довгострокові прогнози, зміна водного режиму весняного водопілля, оцінка прогностичної методики.

Эффективность территориально-общего метода долгосрочного прогнозирования характеристик максимального стока весеннего половодья рек Украины

Шакірзанова Ж.Р.

Выполнена проверка эффективности территориально-общей методики для долгосрочных прогнозов слоев стока и максимальных расходов воды весеннего половодья в условиях современных климатических изменений.

Ключевые слова: долгосрочные прогнозы, изменение водного режима весеннего половодья, оценка прогностической методики.

The efficiency of the general method of territorial long-term forecasting characteristics of maximum runoff of spring flood of the rivers of Ukraine

Shakirzanova Zh.R.

Verification of the efficiency territorial general method for long-term forecasts of runoff and maximum water discharge of spring flood under contemporary climate change has been made.

Keywords: long-term forecasts, the change of water regime of spring flood, evaluation of the forecasting method.

Надійшла до редколегії 03.11.2014

УДК 551.482

Удовенко О.І., Ківва С.Л., Ковалець І.В.

Інститут проблем математичних машин та систем НАН України, м. Київ, Україна

ОЦІНКА КЛІМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ СТАТИСТИЧНОГО ДАУНСКЕЛІНГУ

Ключові слова: зміни клімату, паводки, прогнозування, метод статистичного даунскелінгу, моделі загальної циркуляції, гідрологічна модель

Вступ. Паводки та повені є стихійним лихом, яке завдає найбільші збитки Україні. Одним з найбільш схильних до паводків регіонів у нашій країні є Українські Карпати. На протязі останнього десятиріччя тут відбулася серія катастрофічних

паводків. Найбільш відомими є паводки 1998 та 2001 рр. у басейні р. Тиса (Закарпаття) та у липні 2008 р. у басейнах р. Дністра та р. Прута. Відомо, що опади, які виникають в українській частині Карпат, суттєво впливають на загальну кількість паводків у зазначених басейнах. Прогнозуванню паводків, зокрема, у Карпатах, присвячена чимала кількість робіт [1, 2, 3]. Однак останнім часом постає питання про те, як змінюються кліматичні характеристики екстремальних паводків в Україні, у тому числі й у Карпатах, у зв'язку із глобальними змінами клімату [4].

Для прогнозування змін клімату використовуються моделі загальної циркуляції (МЗЦ), в яких враховуються ключові кліматоутворюючі фактори і які дозволяють у певній мірі врахувати просторовий і часовий розподіл кліматичних змін. Ці моделі використовуються для складання звітів Міжурядової групи експертів ООН з питань зміни клімату (МГЕЗК, [5]). Через великий об'єм обчислювальних ресурсів, необхідних для розв'язання рівнянь метеорологічних моделей, просторовий дозвіл моделей МЗЦ складає близько 1° (~ 100 км), що ускладнює оцінку регіональних характеристик клімату за даними МЗЦ. Внаслідок цього обмеження виникає завдання деталізації (даунскелінгу) даних МЗЦ, оскільки присутність гір впливає на розподіл екстремальних опадів, які викликають паводки.

Серед методів деталізації даних МЗЦ виділяють динамічні й статистичні методи. Динамічні методи вимагають застосування мезомасштабних метеорологічних моделей у якості регіональних кліматичних моделей (РКМ). У такому підході дані МЗЦ використовуються для завдання граничних умов у РКМ. У попередній роботі авторів [6] був застосований метод динамічного даунскелінгу для моделювання сучасних кліматичних характеристик екстремальних опадів та паводків в Українських Карпатах. При цьому використовувався ланцюг моделей, який складався з мезомасштабної метеорологічної моделі та розподіленої гідрологічної моделі. Прикладом застосування РКМ для моделювання кліматичних змін в Українських Карпатах є робота [7], але дослідження в цій роботі [7] стосувались екстремальних опадів і не включали моделювання гідрологічних характеристик паводків. У порівнянні з динамічними методами статистичні методи деталізації дозволяють одержати більш обмежену інформацію щодо просторового розподілу кліматичних характеристик, однак вони значно економічніше й особливо зручні для проведення попередніх оцінок кліматичних змін.

Отже, метою даної роботи є розробка методики оцінки змін кліматичних характеристик дощових паводків в Українських Карпатах на підставі використання сучасної розподіленої гідрологічної моделі та статистичного методу даунскелінгу кліматичних сценаріїв МЗЦ.

Метод статистичного даунскелінгу. Використаний у даній роботі метод статистичного даунскелінгу був розроблений у роботі [8]. У цьому методі на початку обробляються часові ряди добових сум опадів, вимірюваних на станції, і добових сум опадів, отриманих для того ж часового відрізка шляхом обробки даних МЗЦ, у результаті якої отримано параметри щільності розподілу ймовірностей добових сум опадів (випадкова величина x). При цьому щільність розподілу ймовірностей випадкової величини x апроксимується гама розподілом:

$$pdf(x) = \frac{e^{-\left(\frac{x}{\theta}\right)} x^{k-1}}{\Gamma(k)\theta^k}, \quad (1)$$

а пара параметрів (θ, k) знаходиться у процесі обробки часових рядів вимірювань (у цьому випадку позначимо пари параметрів як (θ_{obs}, k_{obs})) і результатів моделювання (у цьому випадку позначимо відповідну пару параметрів як (θ_{sim}, k_{sim})).

Інтегруючи співвідношення (1) знаходимо функції розподілу:

$$cdf(x) = \int_x^{\infty} \frac{e^{\left(\frac{-x}{\theta}\right)} x^{k-1}}{\Gamma(k)\theta^k} \cdot \quad (2)$$

Потім графічно розв'язується рівняння

$$cdf_{obs}(f(x)) = cdf_{sim}(x), \quad (3)$$

з метою знаходження функції переходу $f(x)$. Отриману в такий спосіб функцію переходу можна потім використовувати для корегування функцій розподілу, розрахованих на підставі моделей МЗЦ для майбутніх кліматичних умов.

Для статистичного даунскелінгу витрат води, розрахованих за гідрологічною моделлю, використано такий самий метод статистичного даунскелінгу (1)-(3), як і для опадів, але при цьому щільність функції розподілу середніх добових витрат води x апроксимується розподілом екстремальних значень (generalized extreme value distribution – GEV, [9]), яке часто використовується при оцінці статистичних характеристик екстремальних явищ у гідрології та метеорології [9, 10]:

$$pdf(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma} \exp\left(-(1+kz)^{-1/k}\right) (1+kz)^{-1-1/k}, & k \neq 0 \\ \frac{1}{\sigma} \exp(-z - \exp(-z)), & k = 0 \end{cases} \quad (4)$$

тут $z = (x - \mu) / \sigma$, а k, σ, μ – трійка параметрів, які знаходяться на етапі обробки часових рядів вимірювань витрат води.

Гідрологічна модель. У роботі використана модифікована версія моделі опади-стік Університету Вашингтон DHSVM [11]. Її структура розроблена так, щоб забезпечити інтегроване представлення динаміки гідрологічних процесів і рослинності в топографічному масштабі, описаному цифровими даними рельєфу. Вона включає двошарову модель рослинності для евапотранспірації, модель енергетичного балансу для розрахунку накопичення і танення снігу, двошарову модель кореневої зони рослин і модель руху ґрунтових вод.

Для кожного часового кроку модель знаходить спільне рішення рівнянь енергетичного й водного балансу для певної розрахункової комірки водозбору. Окремі комірки сітки гідрологічним способом пов'язані у квазі-тривимірну підземну насичену транспортну схему. Особливістю моделі є те, що перерозподіл вологи в ґрунті вглиб відбувається через підземну насичену транспортну схему явно; тобто, розрахунок робиться при переході від одного пікселя до іншого, на відміну від статистичного підходу, що використовується в деяких інших моделях.

Рослинний покрив і властивості ґрунту задаються для кожної комірки сітки цифрової моделі рельєфу. Ці властивості можуть просторово змінюватись усередині водозбору. У кожній комірки сітки змодельована поверхня землі може складатися з верхнього та нижнього ярусу рослинності й ґрунту. Верхній ярус може покрити всю або задану частину поверхні землі. Нижній ярус, якщо він є, покриває всю поверхню землі.

Модельований водний баланс ґрунту/рослинності для окремої комірки сітки записується як

$$\Delta S_{s1} + \Delta S_{s2} + \Delta S_{i0} + \Delta S_{iu} + \Delta W = P - E_{i0} - E_{iu} - E_s - E_{t0} - E_{tu} - P_2, \quad (5)$$

де ΔS_{s1} та ΔS_{s2} – зміни вологовмісту ґрунту у верхньому й нижньому кореновому шарах, відповідно; ΔS_{i0} і ΔS_{iu} – зміни в об'ємі перехопленої води верхнім і нижнім ярусами рослинності, відповідно; $-\Delta W$ зміна вологовмісту снігового покриву, P – об'єм опадів (дощ і/або сніг); P_2 – об'єм води, що впливає з нижнього коренового шару; E_s – об'єм випаровування з поверхні ґрунту; E_{i0} , E_{iu} , E_{t0} , і E_{tu} є об'ємами випаровування (від перехопленої води) і транспірації води верхнім і нижнім ярусами рослинності, відповідно.

Локальні метеорологічні умови (опадів, температура повітря, сонячна радіація, швидкість вітру, тиск пару повітря) задаються для кожної комірки сітки на визначеній висоті вище верхнього ярусу. Евапотранспірація рослинністю моделюється шляхом використання підходу Пенмана-Монтеня [11]. Верхній ярус рослинності може поглинати воду з верхнього і нижнього коренових шарів, тоді як нижній ярус може поглинати воду тільки верхнього коренового шару. Сонячна радіація й швидкість вітру послабляються цими двома ярусами рослинності залежно від загущеності й індексу листової поверхні і обчислюються для верхнього й нижнього ярусів і ґрунту. Випаровування ґрунтової води залежить від кліматичних умов.

Снігонакопичення й його танення моделюється за допомогою одношарової моделі енергетичного балансу, що явно враховує вплив топографії та рослинного покриву на енергетичний обмін з поверхнею снігу. Ненасичений рух води через обидва коренових шари ґрунту описується законом Дарсі. Розвантаження води з нижнього коренового шару відбувається на дзеркало ґрунтових вод для даної комірки сітки. Кожна комірка сітки обмінюється насиченою ґрунтовою водою з усіма суміжними комірками залежно від рівня горизонту ґрунтових вод, характеристик ґрунту й місцевої топографії, що призводить до динамічного квазі-тривимірного представлення руху ґрунтових вод.

У місцях, де рівень ґрунтових вод вище поверхні Землі, генерується потік поверхневих вод. Для моделювання поверхневого стоку використовувався алгоритм D8, описаний у попередній роботі авторів [6], в якому передбачається, що рух води вниз по схилу можливий у 8 напрямках та описується рівнянням кінематичної хвилі.

Область розрахунків. Для проведення досліджень було обрано українську частину басейну р. Уж від витoku до м. Ужгород поблизу українсько-словацького кордону (рис. 1).

Річка Уж є притокою р. Лаборець й належить басейну р. Дунай. Вона протікає через Потиську низовину у Закарпатській області в Україні. Довжина української частини р. Уж складає 112,8 км, а площа водозбору - 1970 км². Максимальна висота в області досліджень складає 1475 м абс., а мінімальна – 98 м абс.

На досліджуваному водозборі дощові паводки та паводки, спричинені сніготаненням, виникають 3-8 разів на рік. Найбільш екстремальні опади, що викликають дощові паводки в даному регіоні, тривають 2-5 днів [12]. Тому даний водозбір є одним з найбільш схильних до паводків водозборів України.

У басейні р. Уж встановлено 6 гідрометеорологічних станцій, на яких проводяться вимірювання опадів, температури, рівня та витрат води, а на двох станціях проводяться вимірювання швидкості вітру. Однак, тривалі ряди гідрометеорологічних вимірювань наявні тільки на двох метеорологічних станціях – Великий Березний та Ужгород; вони й використовувались у даній роботі.

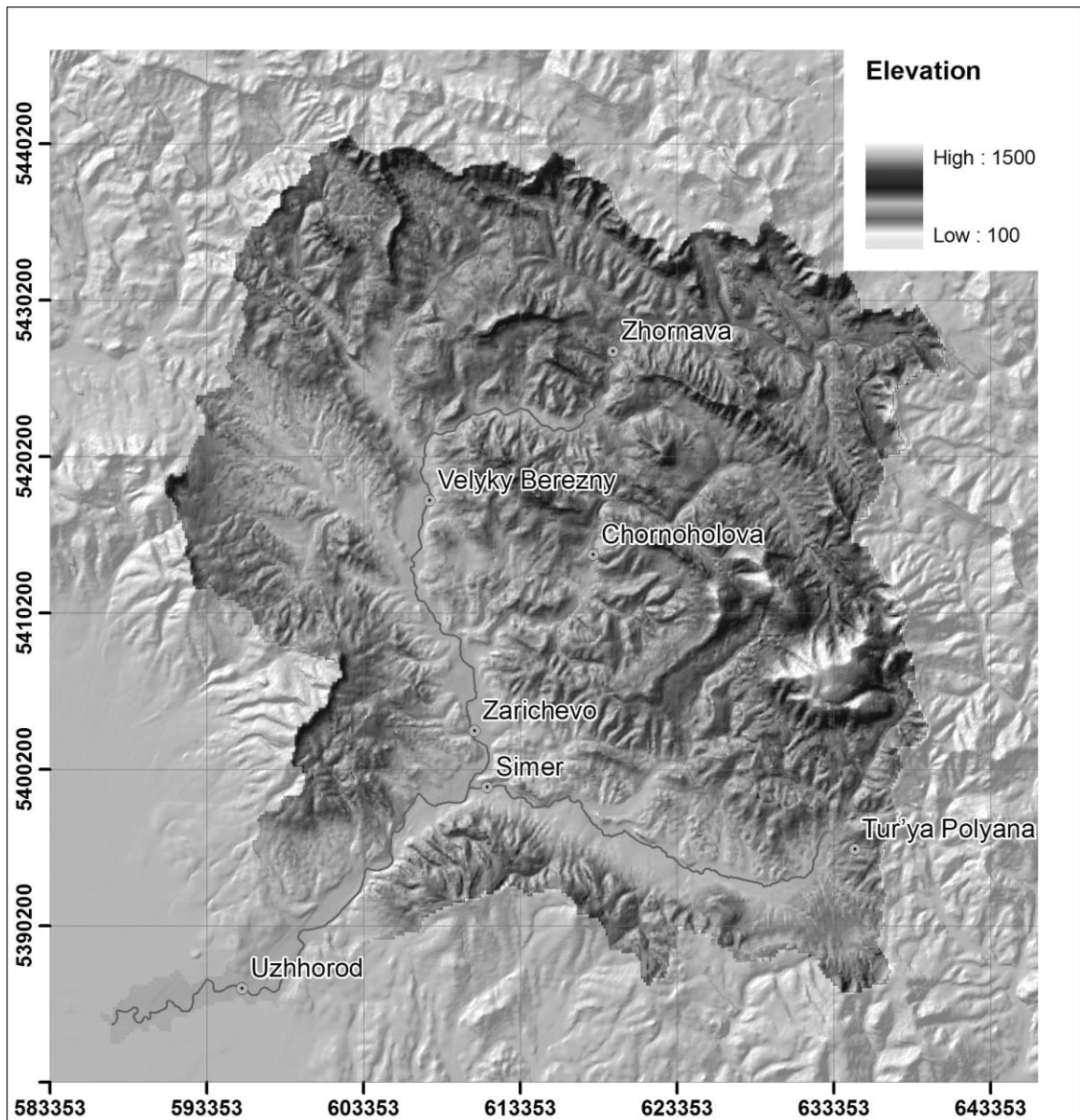


Рис. 1. Топографія української частину водозбору р. Уж

Результати розрахунків. З початку було проведене тестування алгоритму статистичного даунскелінгу. Для побудови функції переходу $f(x)$ були оброблені добові суми опадів за результатами вимірювань станцій Великий Березний та Ужгород і отримані на підставі даних регіональної кліматичної моделі за 10 років (з 1961 по 1970 р.) У розрахунках використовувалися дані регіональної кліматичної моделі RCA3 [13], розробленої в Кліматичному центрі ім. Росбі (Швеція), наявні на сітці з просторовим дозволом 30 км. Потім за допомогою отриманої функції переходу (3) була відкорегована функція розподілу добових сум опадів за результатами RCA3 за період 1971-1990 рр, і проведено порівняння отриманої функції розподілу з результатами вимірів (рис. 2).

Як видно з рис. 2, статистичний даунскелінг дозволяє досягти гарного узгодження функції розподілу, отриманої на підставі розрахунків з вимірюваннями. Перевірено, що наявні розбіжності розрахованої функції розподілу й вимірювань

на рис. 2 при більших значеннях добових сум опадів знаходяться у межах довірчого інтервалу.

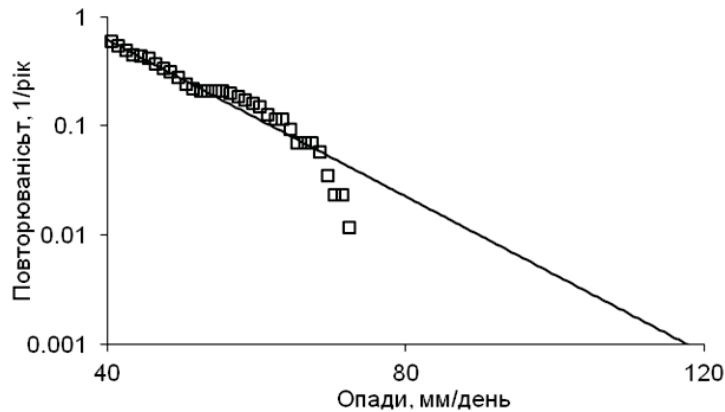


Рис. 2. Повторюваність добових сум опадів, осереднена за станціями у басейні р. Уж, за результатами вимірювань у період 1971-1990 рр. та за результатами статистичного даунскелінгу за цей самий період; калібрування алгоритму статистичного даунскелінгу здійснювалось за період 1960-1970 рр.

Гідрологічну модель DHSVM було калібровано та перевірено для умов водозбору р. Уж. із використанням даних, зібраних за теплу частину 1996 р. Порівняння розрахованих та вимірюваних витрат представлено на рис. 3.

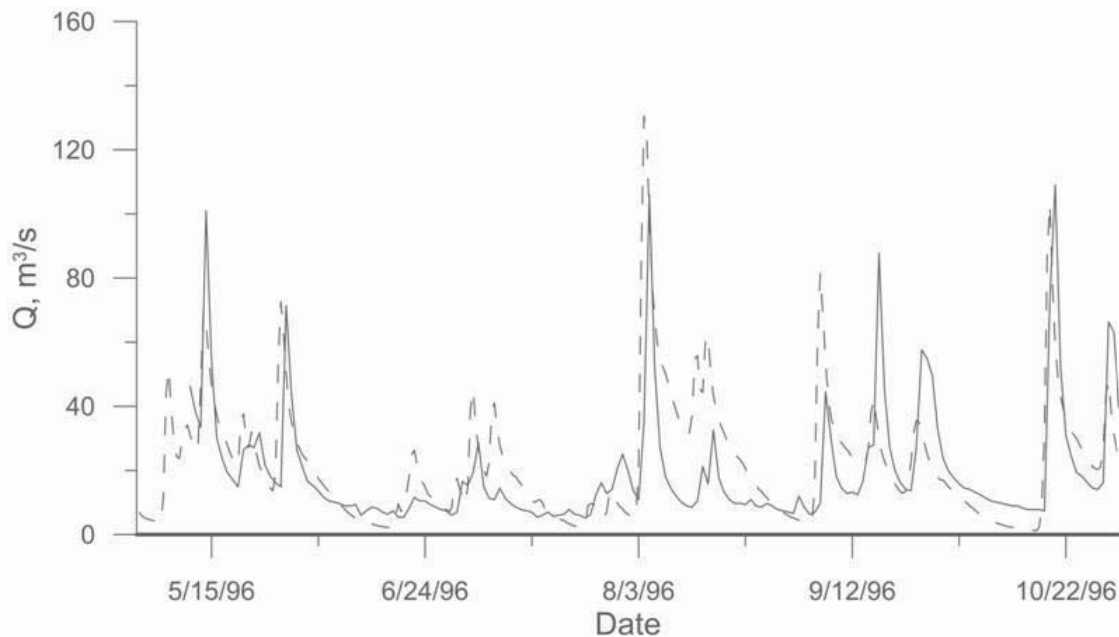


Рис. 3. Вимірювані (суцільна лінія) та розраховані (штрихова лінія) DHSVM витрати за травень-жовтень 1996 р.

Було також обчислено коефіцієнт ефективності Наша-Саткліфа (NSE) та відносна систематична похибка (PBIAS):

$$NSE = 1 - \frac{\langle (Q_o - Q_m)^2 \rangle}{\langle (Q_o - \langle Q_o \rangle)^2 \rangle}, PBIAS = 100 \cdot \frac{\langle Q_o - Q_m \rangle}{\langle Q_o \rangle}, \quad (6)$$

де $\langle \rangle$ - оператор осереднення, Q – витрати води, індекси 'o' та 'm' відповідають відповідно вимірам та моделі.

За результатами калібрування були отримані наступні значення статистичних характеристик порівнянь моделі та вимірів: NSE=0.34, PBIAS=9%, які можна визнати задовільними.

На наступному етапі вивчався вплив глобальних кліматичних змін на повторюваність екстремальних опадів та дощових паводків в Українських Карпатах. Як відомо, у глобальному масштабі збільшення частоти екстремальних високих температур і опадів є характерною властивістю глобального потепління [14], але регіональні особливості клімату можуть істотно відрізнятися від загальних тенденцій. Згідно звіту Міжурядової групи експертів ООН із змін клімату найбільш консервативним сценарієм соціально-економічного розвитку, який приводить до найбільших глобальних кліматичних змін є сценарій A2 [14].

Для з'ясування питання щодо того, як зміниться частота екстремальних опадів в Українських Карпатах, у даній роботі була побудована функція переходу (3) на підставі обробки даних регіональної кліматичної моделі RCA3 та вимірювань за 1960-1990 рр. із використанням алгоритму (1)-(3). Потім функція переходу використовувалася для обробки даних моделювання моделі RCA3 для майбутнього клімату за період 2011-2040 рр. щодо умов сценарію соціально-економічного розвитку A2 [14]. Порівняння повторюваності екстремальних опадів для клімату 1960-1990 рр. і для клімату 2011-2040 рр., що розраховано за методом статистичного даунскелінгу, наведено на рис. 4. Також на рис. 4 приведено дані статистичної обробки результатів вимірювань за період 1960-1990 рр. У середньому по водозбору Ужа, значення добових сум опадів, що відповідає 1% забезпеченості (1/100 років) для клімату 1960-1990 рр.: $x_p^0 = 84$ мм/добу. Як видно з даних, представлених на рис. 4, відповідно до результатів моделі повторюваність значення x_p^0 за наступний 30-річний період збільшиться вдвічі (відповідно, період повторюваності таких опадів зменшиться вдвічі). При цьому у порівнянні із значенням x_p^0 величина опадів 1% забезпеченості для клімату 2011-2040 рр. x_p^1 зросте приблизно на 10% до значення $x_p^1 = 93$ мм/добу.

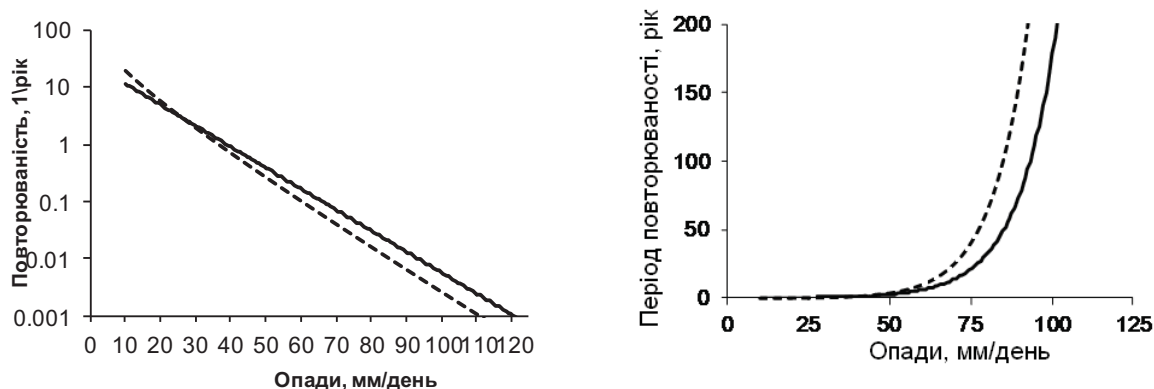


Рис. 4. Повторюваність (зліва) та період повторюваності (зправа) добових сум опадів, осереднені по станціям у басейні р. Уж, за результатами статистичного даунскелінгу кліматичної моделі RCA3 для періоду 1960-1990 рр. (штрихова лінія) та 2011-2040 рр. (суцільна лінія)

Метеорологічні поля моделі RCA3, розраховано для періодів 1960-1990 рр. та 2011-2040 рр., наявні із часовим кроком 1 доба, були використані в якості вхідних

даних гідрологічної моделі DHSVM для розрахунку часових залежностей витрат води р. Уж. На підставі даних розрахунків та вимірювань витрат на станції Ужгород за період 1960-1990 рр. була побудована функція переходу (3) для статистичного даунскелінгу розрахованих витрат води. В результаті були розраховані функції розподілу екстремальних витрат води щодо умов сучасного та майбутнього клімату, показані на рис. 5. На тому ж рисунку точками показані повторюваності екстремальних витрат згідно даних вимірювань для періоду 1960-1990 рр. Як видно з даних, представлених на рис. 5, значення середньодобових витрат, що відповідає 1% забезпеченості для клімату 1960-1990 рр., складає $x_q^0 = 710 \text{ м}^3/\text{с}$. Відповідно до результатів моделі повторюваність значення x_q^0 за наступний 30-річний період збільшиться втричі. При цьому у порівнянні із значенням x_q^0 значення витрат 1% забезпеченості для клімату 2011-2040 рр. x_q^1 зросте приблизно на 20% до значення $x_q^1 = 860 \text{ м}^3/\text{с}$.

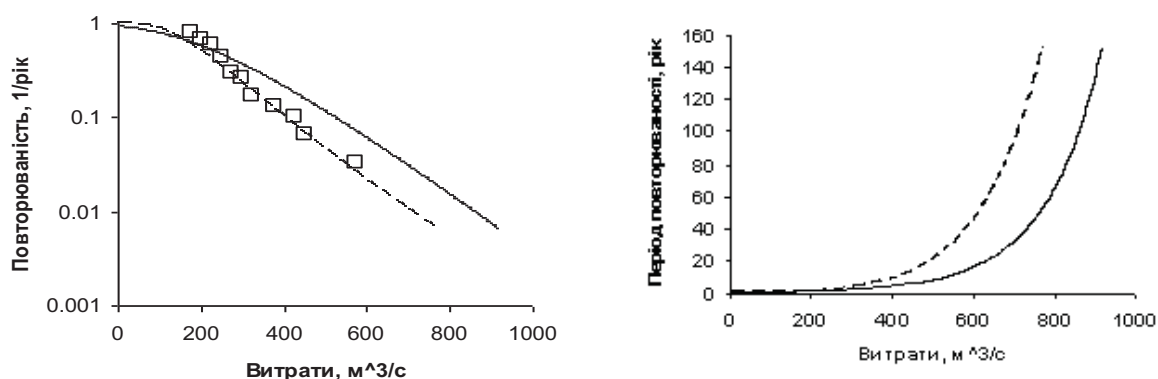


Рис. 5. Повторюваність (зліва) та період повторюваності (зправа) середньодобових витрат, осереднені по станціям у басейні р. Уж, за результатами вимірювань (точки), статистичного даунскелінгу кліматичної моделі RCA3 для періоду 1960-1990 рр. (штрихова лінія) та статистичного даунскелінгу за період 2011-2040 рр. (суцільна лінія)

Висновки. У даній роботі обґрунтовано використання методу статистичного даунскелінгу для деталізації сценаріїв моделей загальної циркуляції для умов Українських Карпат з метою отримання функцій розподілу екстремальних опадів та дощових паводків на водозборах карпатських річок. Отримано гарне узгодження функцій розподілу добових сум опадів, розрахованих на підставі глобальних кліматичних моделей та методу статистичного даунскелінгу за результатами вимірювань, проведених в українській частині водозбору р. Уж.

Обробка результатів розрахунків кліматичної моделі RCA3 Шведського центру ім. Росбі для умов майбутнього клімату показує, що при реалізації сценарію соціально-економічного розвитку A2 Міжурядової групи експертів ООН із змін клімату, значення добових опадів 1% забезпеченості в Українських Карпатах у найближчі 30 років (2011-2040 рр.) збільшиться на 10% у порівнянні із відповідним значенням для умов клімату 1960-1990 рр. Метеорологічні поля моделі RCA3, розраховані для періодів 1960-1990 та 2011-2040 рр., були використані в гідрологічній моделі DHSVM для розрахунку часових залежностей витрат у р. Уж.

На підставі статистичного даунскелінгу розрахованих витрат води показано, що за наступний 30-річний період значення екстремальних середньодобових витрат 1% забезпеченості збільшиться приблизно на 20% у порівнянні із відповідним значенням для клімату 1960-1990 рр.

Список літератури

1. *Бойко О.В.* Оцінка ефективності протипаводкових заходів на малих річкових водозборах Закарпаття на основі розрахунків розподіленої моделі «опад-стік» / О.В. Бойко, М.Й. Железняк // Математичні машини і системи. – 2011. – №4. 2. *Соседко М.Н.* Применение математической модели формирования дождевого стока с распределенными параметрами при краткосрочном прогнозировании паводков в горных районах / М.Н. Соседко, О.И. Лукьянец // Тр. УкрНИГМИ. – 1993. – Вып. 245. – С. 29 – 39. 3. *Горбачова Л.О.* Адаптація гідрологічної моделі MIKE-11 до гірських річок / Л.О. Горбачова // Зб. Наук. Пр. УкрНДГМІ. – 2012. – №263. – С. 152-164. 4. *Осадчий В.І.* П'яте національне повідомлення України з питань зміни клімату / В.І. Осадчий, Ю.Б. Набиванець, Н.В. Странадко. [та ін] // Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. – 2009. – 282 с. 5. *Randall, D.A.* Climate Models and Their Evaluation. / D.A. Randall, R.A. Wood, S. Bony, [etal] // Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 6. *Kovalets I.V.* Usage of the WRF-DHSVM model chain for simulation of extreme floods in mountainous areas: a pilot study for the Uzh River Basin in the Ukrainian Carpathians / I.V. Kovalets, S.L. Kivva, O.I. Udovenko // Natural Hazards. – 2014. – DOI: 10.1007/s11069-014-1412-0. 7. *Krakovska S.* Analysis and projections of climate change impacts on flood risks in the Dniester river basin based on the ENSEMBLES RCM data / S. Krakovska, V. Balabukh, L. Palamarchuk, G. Djukel, N. Gnatiuk // Geophysical Research Abstracts. – 2012. – Vol. 14, EGU2012-863-2. 8. *Piani C.* Statistical bias correction for daily precipitation in regional climate models over Europe / C. Piani, J.O. Haerter, E. Coppola // Theoretical and Applied Climatology. – 2010. – Vol. 99, Issue 1-2, pp 187-192. 9. *Ven Te Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays.* Applied Hydrology. – 1988. – McGraw Hill International Editions. – 572 p. 10. *Klein Tank, A.M.G., Zwiers F.W., Zhang X.* Guidelines on analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation. World Meteorological Organization. – 2009. – WMO-TD No.1500. 11. *Wigmosta M.S.* A comparison of simplified methods for routing topographically driven subsurface flow / M.S. Wigmosta, D.P. Lettenmaier. // Water Resources Research. – 1999. – 35(1), 255-264. 12. *Краснова О.В.* Максимальний стік дощових паводків з малих водозборів у Закарпатті / О.В. Краснова // Автореф. дис. канд. геогр. наук: 11.00.07 / О.В. Краснова; Одес. держ. екол. ун-т. — О., 2002. — 19 с. 13. *Nikulin, G.* Evaluation and future projections of temperature, precipitation and wind extremes over Europe in an ensemble of regional climate simulations / G. Nikulin, et al.. // Tellus 63A, 41–55. 14. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis / Solomon, S., D. Qin, M. Manning [et al] (eds.) // Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 p.*

Оцінка кліматичних характеристик екстремальних дощових паводків з використанням методів статистичного даунскелінгу

Удовенко О.І., Ківва С.Л., Ковалець І.В.

Запропоновано метод статистичного даунскелінга для деталізації сценаріїв кліматичних змін згідно з даними моделей загальної циркуляції для умов Українських Карпат. Згідно з результатами розрахунків для української частини водозбору р. Уж значення добових опадів 1% забезпеченості в найближчі 30 років збільшиться на 10%, а значення середньодобових витрат 1% забезпеченості на станції Ужгород збільшиться приблизно на 20%.

Ключеві слова: зміни клімату, паводки, прогнозування, метод статистичного даунскелінгу, моделі загальної циркуляції, гідрологічна модель.

Оценка климатических характеристик экстремальных дождевых паводков с использованием методов статистического даунскелинга

Удовенко О.И., Кивва С.Л., Ковалец И.В.

Предложен метод статистического даунскелинга для детализации сценариев климатических изменений согласно данным моделей общей циркуляции для условий Украинских Карпат. Согласно результатам расчетов для украинской части водосбора р. Уж значение суточных осадков 1% обеспеченности в ближайшие 30 лет увеличится на 10%, а значение среднесуточных расходов 1% обеспеченности на станции Ужгород увеличится приблизительно на 20%.

Ключевые слова: изменения климата, паводки, прогнозирование, метод статистического даунскелингу, модели общей циркуляции, гидрологическая модель.

Estimation of climatological parameters of extreme flash floods using the statistical downscaling method

Udoenko O.I., Kivva S.L., Kovalets I.V.

The method of statistical downscaling of climate change scenarios according to the data of global circulation models for the conditions of the Ukrainian Carpathians is proposed. According to results of calculations for the Ukrainian part of the Uzh River watershed, during the next 30 years the amount of daily precipitation occurring 1 per 100 years will increase by 10% while the amount of the daily average water discharge at Uzhgorod station occurring once per 100 years will increase by 20%.

Keywords: climate change, floods, forecasting, statistical method daunskelingu, general circulation models, hydrological model.

Надійшла до редколегії 14.11.2014