

УДК 556.166:551.583

Є.Д. Гопченко, д.геогр.н., В.А. Овчарук, к.геогр.н., І.Г. Семенова, к.геогр.н.
Одеський державний екологічний університет

НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВРАХУВАННЯ ГЛОБАЛЬНИХ ЗМІН КЛІМАТУ ПРИ РОЗРАХУНКАХ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ РІЧОК

Розглянута можливість використання кліматичних моделей двох прогностичних центрів для врахування впливу змін клімату при виконанні гідрологічних розрахунків, зокрема, максимального стоку наводків і водопіль

Ключові слова: глобальні зміни клімату, прогностичне моделювання, максимальний стік річок

Вступ. Процес глобального потепління клімату Землі, що відмічається останніми десятиліттями, пов'язується зі змінами у великомасштабному гідрологічному циклі, а саме: збільшення вмісту водяної пари в атмосфері; зміна режиму, інтенсивності і екстремальних величин опадів; зменшення снігового покриву і широкомасштабне танення льоду; зміни кількості ґрунтової вологи і об'єму стоку [1].

Потепління кліматичної системи підтверджується спостереженнями за підвищенням глобальної середньої температури повітря й океану. Для 2005 р. антропогенна дія на клімат оцінюється величиною у $1,6 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ (відносно величин доіндустріального періоду 1750 р.). Лінійний тренд глобальної приземної температури оцінюється в $0,74 \text{ }^\circ\text{C}$ (вірогідний діапазон від $0,56$ до $0,92 \text{ }^\circ\text{C}$), при цьому в останні 50 років спостерігається тенденція до прискорення потепління.

Для опадів характерним стала істотна просторова і міждекадна мінливість. За ХХ століття кількість опадів, що випали на поверхню суші, в основному збільшилася у високих північних широтах, тоді як з 1970-х років на території між 10° пд. ш. і 30° пн. ш. переважало зменшення опадів. Частота сильних опадів зросла у більшості районів. У глобальному масштабі, площа суші, яка класифікується як дуже суха, з 1970-х років збільшилася більш ніж удвічі.

Значно зменшилися запаси води в гірських льодовиках і сніговому покриві Північної півкулі. Оцінка змін вмісту вологи в ґрунті отримана по найбільш довгих рядах на понад 600 станціях, розташованих в місцях з різними типами клімату на території колишнього Радянського Союзу, Китаю і центральної частини США, виявила довгостроковий зростаючий тренд у верхньому шарі ґрунту (глибиною 1 м) у літній період. Відповідно до щонайдовших рядів даних, що є в Україні, в цілому спостерігається збільшення вмісту вологи у верхньому шарі ґрунту, хоча в останнє десятиліття це збільшення менш помітне [2].

Постановка проблеми. У глобальному масштабі є дані про більш або менш чітку картину змін об'єму річного стоку, при цьому в одних районах він збільшується (наприклад, у високих широтах і на великих ділянках території США), а в інших (таких, як деякі райони західної частини Африки, південна частина Європи і найпівденніша частина Південної Америки) – зменшується [3].

Тренди в об'ємах стоку не завжди узгоджуються зі змінами у кількості опадів. Це може бути викликано обмеженнями в даних (особливо по опадах), антропогенною дією (наприклад, наповнення водосховищ, як у випадку з основними річками Євразії), або конкуруючими діями змін в опадах та температурі.

Протягом століття запаси води, що зберігаються в льодовиках і сніговому покриві, по прогнозах, зменшаться, знижуючи, таким чином, забезпеченість водою під час теплих і сухих періодів у регіонах, що забезпечуються талою водою з основних гірських хребтів, де зараз проживає більш за одну шосту частину населення Землі (за рахунок сезонного перерозподілу річкового стоку - збільшення відношення об'єму зимового стоку до річного і зменшення об'єму меженного стоку) [1, 4].

Отже, при виконанні гідрологічних розрахунків, зокрема визначення максимальних витрат води заданої ймовірності перевищення, необхідно враховувати довгострокові тренди в ході стокоформуєчих факторів.

Мета дослідження полягає у розробці науково-методичних рекомендації щодо можливості врахування глобальних змін клімату при визначенні максимального стоку річок.

Аналіз сучасних досліджень і публікацій. 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 [5, 6]). Сценарії є також засобом для аналізу тих чинників, які можуть впливати на показники викидів CO₂, а також для оцінки пов'язаних з ними невизначеностей.

Кожна сюжетна лінія представляє різні демографічні, соціальні, економічні, технологічні й екологічні події та охоплює широкий перелік основних чинників, що визначають викиди парникових газів (ПГ) та сірки. Кожен сценарій є фактично кількісним тлумаченням однієї з чотирьох сюжетних ліній. Всі сценарії, засновані на одній і тій же сюжетній лінії, утворюють сценарну „сім'ю”. В рамках окремої сценарної „сім'ї” були розроблені два основних види сценаріїв - сценарії з погодженими припущеннями щодо глобального населення, економічного зростання і кінцевого використання енергії і сценарії з альтернативним кількісним визначенням сюжетної лінії.

В сценаріях A1 і B1 передбачається, що в світовій економіці домінуватиме глобальна торгівля і об'єднання, причому в сценарії A1 очікується самий швидкий зріст економіки на душу населення, в B1 – дещо повільніший. Слід відзначити, що жоден з сценаріїв не характеризується будь-якою вірогідністю. В цілому, всі сценарії СДСВ описують суспільство з підвищеним ніж сьогодні рівнем доходів, при цьому сукупний світовий валовий національний продукт виросте до 2100 р. в 10-26 раз в порівнянні з сьогоднішнім. Всі сценарії передбачають скорочення відмінностей в рівні доходів між різними регіонами, при чому технологія буде такою ж важливою рушійною силою, як і демографія.

На рис. 1 представлені графіки загальної кількості викидів вуглекислого газу з усіх джерел (енергетика, промисловість, зміни землекористування) з 1990 по 2100 рр. для „сім'ї” з шести сценарних груп. Сорок сценаріїв СДСВ представлені чотирма „сім'ями” (A1, A2, B1, B2) та шістьма сценарними групами: рис. 1a – значна частка викопного палива A1F1 (використання вугілля, нафти та газу), переважно невикопна сировина A1T, збалансований варіант A1B; рис. 2b – сценарій A2; рис. 1c – сценарій B1; рис. 1d – сценарій B2.

Оцінка наслідків зміни клімату для водних ресурсів, посух і повеней є дуже невизначеною, що обумовлено цілою низкою причин, таких, як різні сценарії економічного розвитку, викидів парникових газів, моделювання клімату і гідрологічного режиму. Поки що не проводилося масштабних досліджень для оцінки того, як різні гідрологічні моделі реагують на один і той же сигнал про зміну клімату. Невизначеність отриманих за допомогою кліматичних моделей проєкцій для оцінок

ресурсів прісної води часто враховується за допомогою використання ансамблів з декількох моделей.

Представимо короткий огляд очікуваних змін клімату та водних ресурсів згідно доповіді міжурядової групи експертів по змінах клімату [1, 4].

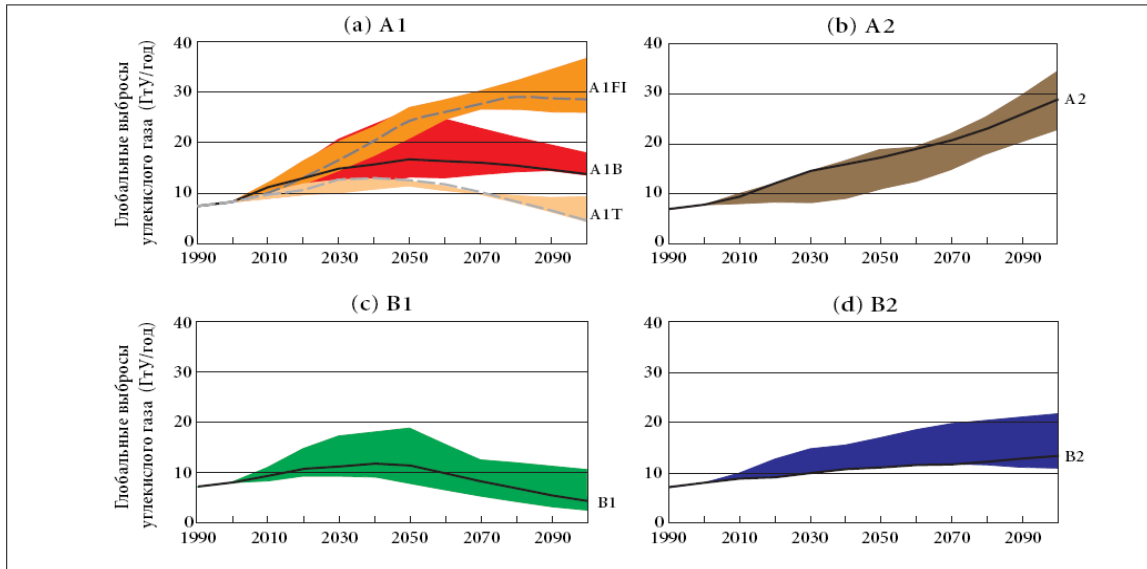


Рис. 1 – Загальні глобальні викиди CO₂ в період 1990-2100 рр. (ГтУ/рік) для чотирьох сценарних „сімей” [6]

Прогнозована середня зміна глобальної температури в період 2090-2099 рр. (відносно періоду 1980-1999 рр.), згідно сигнальних сценаріїв СДСВ, коливається від 1,8 °С для сценарію В1 (вірогідний діапазон найкращої оцінки від 1,1 °С до 2,9 °С) до 4,0 °С для сценарію А1FІ (вірогідний діапазон найкращої оцінки від 2,4 °С до 6,4 °С). Очікується, що потепління буде найбільш сильним над сушею в більшій частині високих широт північної півкулі, а найменш сильним - над Південним океаном і північними районами Атлантичного океану. З високою вірогідністю продовжуватиметься збільшуватися частота випадків екстремальної жари та хвиль тепла.

Для території Європи регіональні проєкції змін клімату та їх прояв в гідрологічному циклі, а також в соціально-економічному становищі в ХХІ столітті зводяться до такого [1]:

- підвищений ризик внутрішньоконтинентальних бурних паводків і більш часте затоплення прибережних районів, а також посилення ерозії внаслідок підвищення інтенсивності і повторюваності штормів і підвищення рівня моря;
- в гірських районах буде спостерігатися зменшення льодовиків та сніжного покриву, скорочення масштабів зимового туризму, значна втрата біологічних видів (до 80% до 2080 р. по деяких сценаріях з високим рівнем викидів ПГ);
- в Південній Європі підвищення температури та засуха знизять водозабезпеченість, гідроенергетичний потенціал, продуктивність сільгоспкультур, а також масштаби літнього туризму;
- підвищення ризику для здоров'я людей внаслідок хвиль тепла та почастищення стихійних пожеж.

У високих широтах і в деяких частинах тропіків, згідно майже всіх моделей, прогнозується збільшення опадів, тоді як в деяких субтропічних і середньоширотних

районах всі (або майже всі) моделі показують їх зменшення. За межами цих регіонів знак і порядок величини прогнозованих змін коливаються в залежності від моделі, що веде до значної невизначеності у проєкціях опадів.

Для інших складових гідрологічного циклу, таких, як зміни показників випаровування, ґрунтової вологи і стоку, відносний розкид в проєкціях аналогічний розкиду даних про опади або навіть перевищує його.

Згідно проєкцій, з високим ступенем вірогідності в середині ХХІ століття щорічний річний стік та водозабезпеченість збільшаться в високих широтах та деяких вологих тропічних районах та зменшаться в окремих посушливих регіонах середніх широт та тропіків. Також прогнозується, що напівзасушливі райони на кшталт Середземноморського басейну, також будуть потерпати від скорочення водних ресурсів.

Поряд з прогнозованим зменшенням середньої кількості опадів в деяких районах, дослідження свідчать про можливість значного збільшення в майбутньому сильних зливових опадів. Через це зростає вірогідність повеней та пов'язаних з ними проблем для населення, інфраструктури та якості води. Є значна ймовірність того, що до 20% світового населення буде мешкати в таких районах, де потенційна можливість річкових повеней зросте до 2080-х років. Підвищення глобальної температури впливатиме на фізичні, хімічні та біологічні показники прісноводних озер та річок. В прибережних районах підвищення рівня моря ще усугубить нестачу водних ресурсів шляхом засолення джерел підземних вод [4].

З іншого боку, усі сучасні методики, які використовуються для розрахунку стоку річок, як в нашій країні так і за її межами, ґрунтуються на припущенні стаціонарності формування багаторічного річного стоку. Вважається, що забезпечене проектне значення витрати води, яке отримане шляхом статистичної обробки за минулі роки, залишиться таким же і в майбутньому. Але, як показано вище, на сучасному етапі вже спостерігається статистична нестаціонарність гідрометеорологічних процесів, яка підтверджена інструментально потеплінням клімату. На кафедрі гідрофізики і гідро-прогнозів Російського Державного Гідрометеорологічного Університету (РДГМУ) протягом останніх 20 років ведуться дослідження по методології оцінки довгострокових змін ймовірнісних характеристик стоку в умовах кліматичної і антропогенної нестабільності [7]. Зокрема, пропонується, спираючись на діючий в Росії нормативний документ СП 33-101-2003 [8], розраховувати відповідні характеристики стоку, а потім вводити до них так звану «кліматичну поправку». В якості проектного пропонується брати найбільше з отриманих значень, тобто з поправкою і без неї.

За базову стохастичну модель формування стоку пропонується диференціальне рівняння першого порядку:

$$dQ/dt = -(1/k\tau)Q + X / \tau, \quad (1)$$

де Q - ковзні осереднені витрати води (модулі або шари) у замикальному створі річкового басейну; k - коефіцієнт стоку, якому може надаватися різний сенс в залежності від виду багаторічного стоку (він може прийматися як постійним, так і таким, що залежить від факторів підстильної поверхні (залісеності басейну, його заболоченості, ступеня урбанізації й ін.) або від гідрометеорологічних факторів – інтенсивності опадів X і температури повітря T^0C); τ - час релаксації річкового басейну.

Надалі рівняння (1), з урахуванням деяких перетворень, замінено статистично еквівалентним йому рівнянням Фоккера-Планка-Колмогорова (ФПК), яке описує марківську еволюцію щільності ймовірності $p(Q;t)$:

$$\frac{\partial p(Q;t)}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial Q}(A(Q;t)p(Q;t)) + 0.5 \frac{\partial^2}{\partial Q^2}(B(Q;t)p(Q;t)), \quad (2)$$

де A і B – коефіцієнти зносу і дифузії, які визначаються фізико-статистичними параметрами, такими як математичне сподівання та ін.

Основним аргументом на користь моделі (2), за думкою авторів, є те що для стаціонарних випадкових процесів вона переходить в рівняння Пірсона:

$$\frac{\partial p}{\partial Q} = \frac{Q-a}{b_0 + b_1 Q + b_2 Q^2} p, \quad (3)$$

рішенням якого є сімейством кривих $p(Q)$, що широко використовуються в інженерній гідрології.

Через короткі ряди спостережень зазвичай обмежуються 3-4 моментами ймовірнісними розподілами, і тому пропонується апроксимувати (2) системою диференціальних рівнянь для початкових моментів m_i :

$$\begin{aligned} dm_1 / dt &= -(\bar{c} - 0.5G_{\bar{c}})m_1 - 0.5G_{\bar{c}}\bar{N} + \bar{N}; \\ dm_2 / dt &= -2(\bar{c} - G_{\bar{c}})m_2 + 2\bar{N}m_1 - 3G_{\bar{c}}\bar{N}m_1 + G_{\bar{N}}; \\ dm_3 / dt &= -3(\bar{c} - 1.5G_{\bar{c}})m_3 + 3\bar{N}m_2 - 7.5G_{\bar{c}}\bar{N}m_2 + 3G_{\bar{N}}m_1; \\ dm_4 / dt &= -4(\bar{c} - 2G_{\bar{c}})m_4 + 4\bar{N}m_3 - 14G_{\bar{c}}\bar{N}m_3 + 6G_{\bar{N}}m_2. \end{aligned} \quad (4)$$

Цієї системи рівнянь достатньо для визначення всіх розрахункових гідрологічних характеристик: норми $\bar{Q} = m_1$, коефіцієнтів варіації $C_v = f(m_1, m_2)$ і асиметрії $C_s = f(m_1, m_2, m_3)$, а також ексцесу $Eh = f(m_1, m_2, m_3, m_4)$.

Рішення прогностичної задачі пропонується розділити на два етапи: за наявними нормою стоку і коефіцієнтами варіації та асиметрії (по даних спостережень) знаходяться значення моментів m_i і по них виконується параметризація моделі (4), тобто розраховуються $\bar{c}, \bar{N}, G_{\bar{c}}, G_{\bar{N}}, G_{\bar{c}\bar{N}}$, а потім, змінюючи відповідно до кліматичного сценарію значення $c(X, T)$ та $N(X)$, знаходяться прогностні (точніше сценарні) значення моментів m_i^{np} . За отриманими значеннями моментів визначаються прогностні розрахункові характеристики $Q_{p\%}^{np}$, які будуть відрізнятися від фактичних урахуванням кліматичних змін за період експлуатації проєктованих споруд [7].

В цілому методика, запропонована вченими РДГМІ, на нашу думку, може бути використана на практиці, але врахування «кліматичної поправки» через початкові моменти є дещо опосередкованим та складним.

Авторами цього дослідження пропонується методика врахування кліматичних змін в рамках генетичної моделі максимального стоку паводків і водопіль операторного виду.

Методика дослідження. За вихідну пропонується прийняти розгорнутий варіант моделі руслових ізохрон. Складовими такої моделі є гідрограф схилового припливу, функція ізохрон руслового добігання і русло-заплавне регулювання.

Розрахункова структура для нормування характеристик максимального стоку має вигляд:

$$q_m = q'_m \Psi(t_p / T_0) \varepsilon_F \cdot r, \quad (5)$$

де r – коефіцієнт редукції q_m під впливом озер, водосховищ, ставків проточного типу; $\Psi(t_p / T_0)$ – трансформаційна функція, яка залежить від форми водозборів та динаміки припливу води зі схилів до руслової мережі, причому:

а) при $t_p < T_0$

$$\Psi\left(\frac{t_p}{T_0}\right) = 1 - \frac{m+1}{(n+1)(m+n+1)} \left(\frac{t_p}{T_0}\right)^n; \quad (6)$$

б) при $t_p \geq T_0$

$$\Psi\left(\frac{t_p}{T_0}\right) = \frac{n}{(n+1)} \frac{T_0}{t_p} \left[\frac{m+1}{m} - \frac{n+1}{m(m+n+1)} \left(\frac{T_0}{t_p}\right)^m \right]. \quad (7)$$

q'_m – модуль схилового припливу, який розраховується за рівнянням

$$q'_m = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} Y_m, \quad (8)$$

де $\frac{n+1}{n}$ – коефіцієнт нерівномірності (у часі) припливу води зі схилів до руслової мережі; T_0 – тривалість схилового припливу; Y_m – шар стоку.

Замість (8) можна рекомендувати дещо інший її варіант, а саме

а) для весняного водопілля

$$q'_m = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} (S_m + x) \eta, \quad (9)$$

де S_m – максимальні снігозапаси на початок весняного сніготанення; x – кількість опадів від початку сніготанення до закінчення водопілля; η – об'ємний коефіцієнт стоку;

б) для дощових паводків можливий варіант (8) у редакції

$$q'_m = \frac{n+1}{n} \frac{1}{T_0} H_m \eta, \quad (10)$$

де H_m – паводкоформуєчі опади теплового періоду року.

Науково-методичні підходи до визначення параметрів, які описують основні риси гідрографів схилового припливу (зокрема, T_0 і $\frac{n+1}{n}$) досить ґрунтовно викладені у [9,10]. Необхідно дещо зупинитися на коефіцієнті русло-заплавного регулювання ε_F . Якихось спеціальних спостережень за цим трансформувальним параметром в системі гідрологічних вимірювань на річках не проводиться. Тому пропонується визначити його зворотним шляхом з (5), тобто

$$\varepsilon_F = \left(\frac{q_m}{q'_m} \right) / \left[\Psi\left(\frac{t_p}{T_0}\right) \cdot r \right]. \quad (11)$$

Якщо вдається просторово узагальнити q_m / q'_m в залежності від розміру водозборів, то (11) матиме вигляд

$$\varepsilon_F = \frac{I}{(F+I)^{n_I}} \left/ \left[\Psi \left(\frac{t_p}{T_0} \right) \cdot r \right] \right. \quad (12)$$

У розрахункових побудованнях ε_F надається у табличній формі з одним входом, а саме – площею водозбору F .

Розглянута модель дає можливість вводити «кліматичні поправки» безпосередньо до максимальних снігозапасів та стокоформуєчих опадів під час весняного водопілля та паводків, а також до коефіцієнтів стоку.

Результати дослідження. З метою отримання прогнозних значень температури та опадів на території рівнинної України в дослідженні були використанні результати моделювання двох глобальних кліматичних моделей різних прогностичних центрів, які представлені на сайті Центру розповсюдження даних (DDC) Міжурядової групи по кліматичних змінах (IPCC, <http://ipcc-data.org>).

Модель HadCM3 розроблена Центром Хедлі по дослідженню та прогнозуванню клімату (метеорологічна служба Великобританії MetOffice). Основні прогностичні змінні моделі для атмосфери: температура, зональна та меридіональна складові швидкості вітру (u , v), приземний тиск, вологовміст, кількість опадів. Відповідні характеристики для океану: температура, солоність, бароклінна швидкість, компоненти швидкості потоку (u , v), глибина рівня переміщення. Просторова роздільна здатність моделі для атмосфери становить за широтою 2,75 градуси, за довготою 3,75 градуси; для океану крок сітки 1,25 градуси за широтою та довготою.

В моделі враховуються хімічні процеси в атмосфері шляхом утворення сульфатних аерозолів окислювачем SO_2 . Розрахунок концентрацій забезпечується автономно моделлю STOCHEM (OH , H_2O_2 та HO_2). Параметризуються процеси акумуляції та дисипації сульфатних аерозолів на хмарних краплях, враховані також процеси розсіяння та абсорбції прямої радіації. Процеси хмароутворення вносяться непрямим способом - шляхом використання інших моделей. Динаміка рослинного та льодового покривів в даній моделі не враховується.

Інша кліматична модель (CCSM3) розроблена Національним центром атмосферних досліджень (NCAR, США) та включає широкий спектр прогностичних змінних для атмосфери: температура, приземний тиск, зональну та меридіональну складові швидкості вітру, вертикальну швидкість, щільність, вихор, дивергенцію, питому вологість, кількість сконденсованої рідкої вологи та льоду, осереднену по комірниці сітки, концентрації газів (закис азоту, метан, окисли сірки SO_2 , SO_4 та ін.). Реалізація спектральної моделі забезпечую просторову роздільну здатність приблизно 1,4 градуси на екваторі.

В моделі активовані два процеси атмосферної хімії: модифікація концентрацій парникових газів через хімічні процеси і перетворення SO_2 у сульфатні аерозолі. Вплив аерозолів включено у модель напів-явно (через зниження кількості хмарності в результаті аерозольного нагрівання). В моделі враховуються такі види аерозолів: сульфати, чорний та органічний вуглець, морська сіль, ґрунтовий пил, стратосферні вулканічні аерозолі. Динаміка рослинного та льодового покривів не враховується.

Для обох моделей період відносного осереднення починається з 2000 р. для сценаріїв СДСВ А1В, А2 та В1, з 1900 р. - для двадцятого століття (сценарій 20С3М) та відноситься до часу початку експерименту для моделі доіндустріального періоду (PICTL) та моделей кратного зростання викидів парникових газів 1PCTO2X та 1PCTO4X.

На рис.2 наданий приклад отриманих з бази даних DDC розподілу прогнозних значень температури повітря та опадів за моделлю CCSM3 для сценарію A1B, який вважається найбільш близьким до реальних змін клімату.

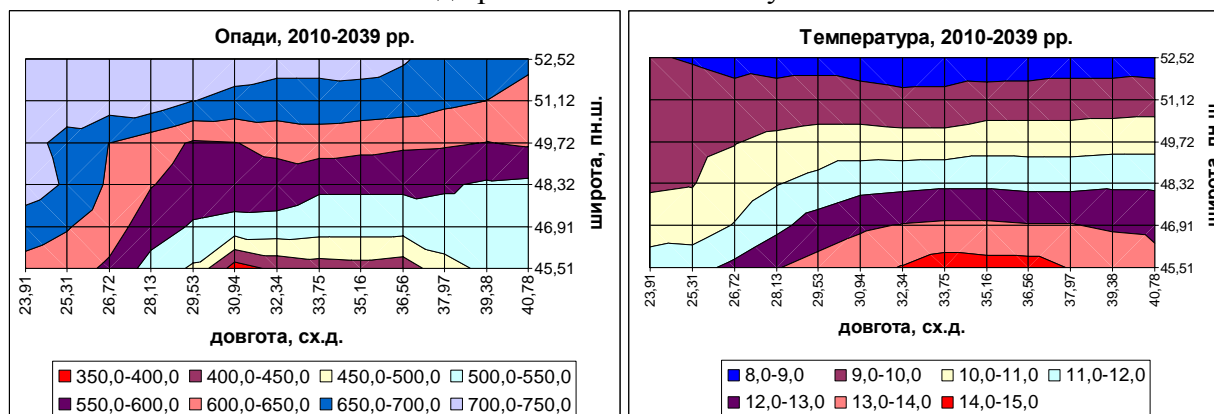


Рис. 2 – Прогнозні значення річних опадів (мм) і температури повітря (°C) за моделлю CCSM3 (сценарій A1B) для території України

Наступною задачею було дослідження взаємозв'язків між прогнозованими величинами (зокрема, річними опадами) і розрахунковими величинами – максимальними снігозапасами та опадами під час водопілля.

Для території рівнинної України за даними 103 метеостанцій по снігозаписах і 315 метеостанцій по опадах отримані відповідні залежності, які показані на рис.3-4.

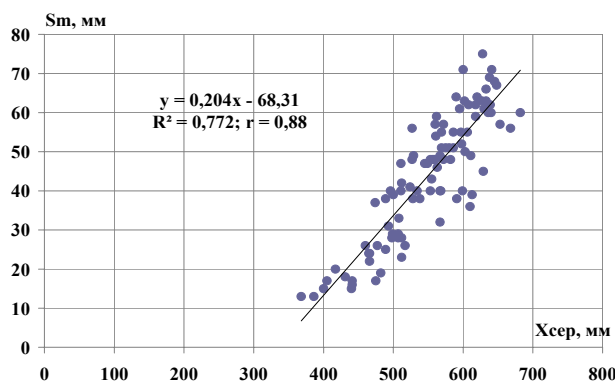


Рис. 3 – Залежність максимальних снігозапасів на початок весняного водопілля від середньобагаторічних опадів

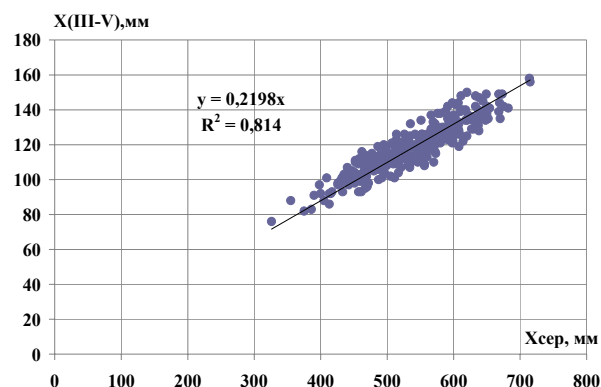


Рис.4 – Залежність опадів за період водопілля від середньобагаторічної величини

Отримані залежності (рис.3-4) мають досить високі коефіцієнти кореляції (для залежності $S_m = f(\bar{X}) - r = 0.88$; для залежності $X_{III-V} = f(\bar{X}) - r = 0.90$). Отже, в залежності від розрахованих за однією з моделей та відповідним сценарієм, прогнозних значень \bar{X} можна внести відповідну поправку до значень снігозапасів та опадів під час водопілля.

Аналогічний результат отримано для зв'язків між середньобагаторічною температурою повітря і досліджуваними характеристиками водопілля (рис.5-6). Для

залежності $S_m = f(\bar{T})$ коефіцієнт кореляції r дорівнює 0.90, а для $X_{III-V} = f(\bar{T})$ $r = 0.73$.

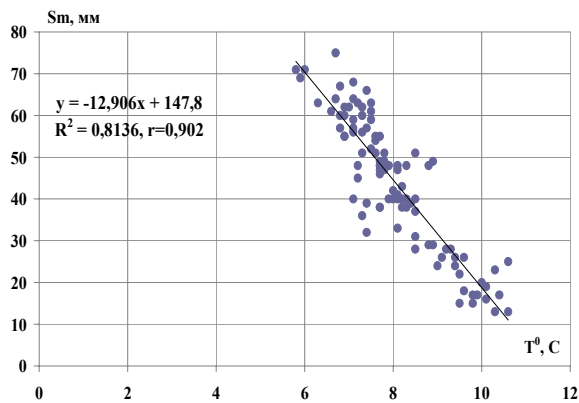


Рис. 5 – Залежність максимальних снігозапасів на початок весняного водопілля від середньобогаторічної температури повітря

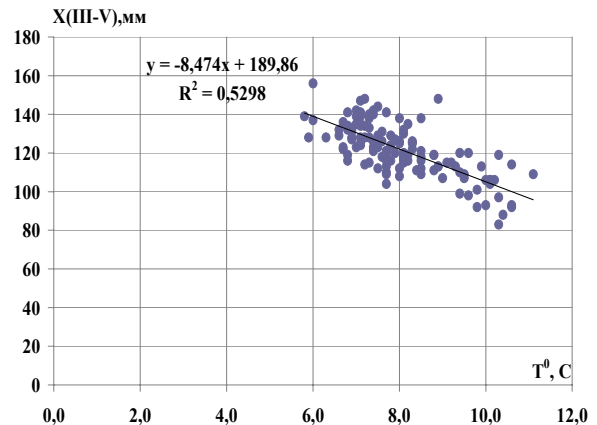


Рис.6 – Залежність опадів за період водопілля від середньобогаторічної температури повітря

Отримані результати свідчать про наявність сталих зв'язків між характеристиками, які визначають об'єм водопілля і основними кліматичними характеристиками – опадами і температурою повітря, і отже про можливість безпосереднього врахування змін клімату на стік водопілля.

Що стосується максимального стоку дощових паводків, то тут ситуація дещо інша. Як показано на рис.6-7, максимальні добові опади 1% ймовірності перевищення мають незначну тенденцію до збільшення з ростом середньої кількості опадів ($r = 0.17$), і практично не залежать від середньо багаторічної температури повітря ($r = 0.051$).

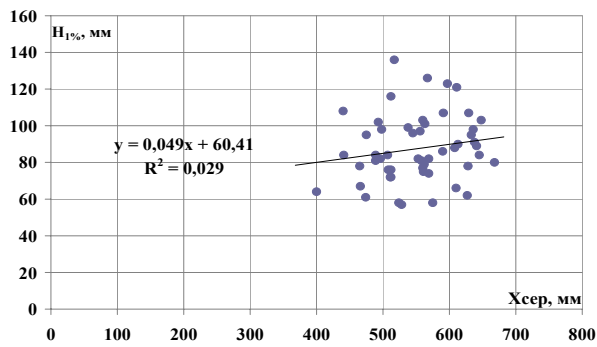


Рис.7 – Залежність максимальних добових опадів 1% забезпеченості від середньобогаторічних опадів

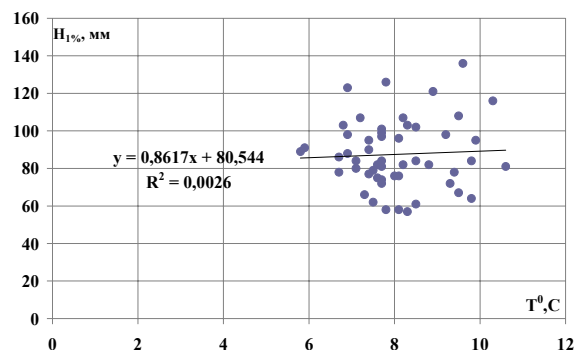


Рис.8 – Залежність максимальних добових опадів 1% забезпеченості від середньобогаторічної температури повітря

Висновки:

- На сучасному етапі глобальні та регіональні зміни клімату все більше проявляються у всіх сферах, в тому числі й у гідрологічному режимі річок.
- Для врахування можливого впливу змін клімату пропонується значна кількість моделей і сценаріїв, результати розрахунку за якими можуть суттєво відрізнятись між собою.

- Операторна модель дає можливість безпосередньо враховувати вплив зміни кліматичних факторів, зокрема, на максимальні снігозапаси та стокоформуєчі опади під час весняного водопілля та паводків.

Задачею подальших досліджень є виявлення можливих зв'язків між коефіцієнтами стоку весняного водопілля та дощових паводків і середньобогаторічними значеннями температури і опадів на території рівнинної України, а також верифікація регіональних кліматичних моделей для досліджуваної території.

Список літератури

1. Бэйтс Б.К., Кундцевич З.В., Палютикоф С. У. Ж. П. 2008 г.: Изменение климата и водные ресурсы. Технический документ Межправительственной группы экспертов по изменению климата. - Секретариат МГЭИК, Женева, 2008. - 228 с.
2. Robock A. and Co-authors. Forty five years of observed soil moisture in Ukraine: no summer desiccation (yet) // Geophys. Res. Lett. - 2005. - V.32, L03401.
3. Milly P.C.D., Dunne K.A., Vecchia A.V. Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate // Nature. - 2005. – V. 438(7066). – P. 347–350.
4. Пачаури Р.К., Райзингер А. и др. Изменение климата, 2007 г.: Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II и III в Четвертый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата. – МГЭИК: Женева, Швейцария, 2007. – 104 с.
5. Nakicenovic N., Swart R. Special Report on Emissions Scenarios. - Cambridge University Press: Cambridge, 2000. - 599 p.
6. Резюме для лиц, определяющих политику. Сценарии выбросов: Специальный доклад рабочей группы III МГЭИК. - МГЭИК: ВМО, 2000. - 20 с.
7. Коваленко В.В. Гидрологическое обеспечение надежности строительных проектов при изменении климата. – СПб., изд. РГГМУ, 2009. – 100с.
8. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. - М: Госстрой России, 2003.- 74 с.
9. Гопченко Е.Д., Овчарук В.А. Формирование максимального стока весеннего половодья в условиях юга Украины. ТЭС, Одесса, 2002, 110с.
10. Гопченко Є.Д., Овчарук В.А., Шакирзанова Ж.Р. Розрахунки та довгострокові прогнози характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Прип'ять. Монографія. – Одеса «Екологія», 2011 – 335с.

Научно-методические подходы к учету глобальных изменений климата при расчетах максимального стока рек

Гопченко Є.Д., Овчарук В.А., Семёнова И.Г.

Рассмотрена возможность использования климатических моделей двух прогностических центров для учета влияния изменений климата при выполнении гидрологических расчетов, в частности максимального стока паводков и половодий

Ключевые слова: глобальные изменения климата, прогностическое моделирование, максимальный сток рек.

Scientifically methodical approach to the account of global changes of climate in calculations of maximal rivers runoff

Gopchenko E.D., Ovcharuk V.A., Semenova I.G.

Possibility of the use of climatic models of two forecasting centers is considered also for the account of influence of changes of climate at implementation of hydrological calculations, in particular maximal flow of floods and high waters.

Keywords: global changes of climate, forecasting modeling, maximal flow of the rivers.