

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ РІЧОК ЛІВОБЕРЕЖЖЯ ДНІПРА ПРИ ДОВГОСТРОКОВИХ ПРОГНОЗАХ ЙОГО ХАРАКТЕРИСТИК

Виконано оцінку часових багаторічних змін гідрометеорологічних факторів і стокових характеристик весняного водопілля річок басейнів Десни й інших лівих приток Дніпра та запропоновані рекомендації щодо врахування цих змін в територіально-загальному методі прогнозу максимального стоку весняного водопілля.

Ключові слова: *гідрометеорологічні чинники, направлені тенденції змін, довгострокові прогнози характеристик весняного водопілля.*

Вступ. Характер зими, її температурний режим (сума накопичених від'ємних температур повітря, наявність чи відсутність відлиг, їх інтенсивність та тривалість), кількість опадів (твердої і рідкої фаз), особливості накопичення і розподілу снігу, кількісні його параметри, по-перше, впливають на стан підстильної поверхні і визначають коефіцієнти стоку тало-дощових вод, а по-друге, формують основний чинник весняного стоку – запаси води в сніговому покриві. Від особливостей погодних умов у весняний період залежать строки початку весняного водопілля, інтенсивність сніготанення, форма гідрографів схилового припливу тало-дощових вод до русел річок, проходження стоку гідрографічною мережею.

В сучасних кліматичних умовах змінюються основні гідрометеорологічні фактори формування річкового стоку весняного водопілля, що безумовно впливає й на характер водного режиму річок у цей період.

Метою роботи є дослідження багаторічної динаміки факторів та характеристик весняного водопілля при можливості врахування цих змін в територіально-загальній методиці довгострокових прогнозів весняного стоку річок басейну Десни та інших лівих приток Середнього Дніпра [1,2].

Роботи деяких авторів [3-5] свідчать про те, що у віковому ході глобальної і регіональної температури повітря на території України, в якому виділяють три періоди його часових змін, сучасний (третій) період характеризується змінами великомасштабної атмосферної циркуляції повітря. При цьому спостерігається зміння регіональних погодних умов в Україні, особливо у холодний період року (до 2°C [4]), коли зими стали теплішими, а опади випадають у вигляді мокрого снігу і дощів (при зміні й їх кількісних величин).

Аналіз матеріалів і досліджень авторів [3-6] за режимом вологості на рівнинній території України у багаторічному розрізі вказує на циклічність розподілу опадів, відповідно до змін в температурному режимі, як по території країни, так і по сезонах року (з можливими різкими аномаліями для окремих місяців і різних сезонів та років). В монографії [3] вказується, що за минулі сто років (станом на 2000 р.) зміна кількості опадів на території країни була нерівномірною. У деяких регіонах мало місце збільшення річної суми опадів понад 40 мм (7-10% відносно стандартної кліматичної норми), а в інших вона була близькою до норми або меншою за неї. На такі зміни вказується й у роботах [5,7,8].

Об'єкти та вихідні матеріали дослідження. В методі територіальних довгострокових прогнозів характеристик весняного водопілля рівнинних річок [1,2]

при визначенні прогнозних величин шарів стоку та максимальних витрат води здійснюється попередня оцінка типу розвитку весняних процесів і майбутньої водності водопілля. Така задача вирішується за допомогою методу дискримінантного аналізу при врахуванні комплексу гідрометеорологічних чинників водопілля. Для річок лівобережної частини території України дискримінантні рівняння можна записати у вигляді

$$DF = a_0 + a_1 k_X + a_2 k_{q_{09-01}} + a_3 k_L + a_4 \Theta_{02}, \quad (1)$$

де $A = (a_0, a_1, \dots, a_m)$ - вектор коефіцієнтів дискримінантної функції.

До вектора чинників весняного водопілля річок віднесені (виражені у модульних коефіцієнтах):

а) загальні запаси вологи на басейні k_X , що формують весняний стік:

- максимальні витрати води

$$k_X = (S_m + X_1) / (S_0 + X_{1_0}); \quad (2)$$

- шари весняного стоку

$$k_X = (S_m + X_1 + X_2) / (S_0 + X_{1_0} + X_{2_0}), \quad (3)$$

де S_m і S_0 - максимальний запас води в сніговому покриві і його середньобогаторічна величина, мм;

X_1 і X_{1_0} - опади періоду танення снігу та їх середньобогаторічна величина, мм;

X_2 і X_{2_0} - опади періоду спаду весняного водопілля та їх середньобогаторічна величина, мм;

б) індекс зволоження ґрунтів $k_{q_{09-01}}$ (середній модуль стоку за осінньо-зимовий сезон)

$$k_{q_{09-01}} = q_{09-01} / (q_{(09-01)_0}), \quad (4)$$

де q_{09-01} і $q_{(09-01)_0}$ - середній модуль стоку з вересня попереднього по січень поточного років та його середньобогаторічна величина, л/(с·км²);

в) максимальна глибина промерзання ґрунтів k_L

$$k_L = L / L_0, \quad (5)$$

де L і L_0 - середня по водозбору максимальна глибина промерзання ґрунтів та її середньобогаторічна величина, см;

г) середньомісячна температура повітря за лютий Θ_{02} °С (у тому числі з урахуванням метеорологічного прогнозу температури повітря) по даних метеостанцій, розташованих в межах (або близько) до геометричних центрів водозборів.

Знак дискримінантних рівнянь (1) дозволяє скласти якісний (альтернативний) прогноз майбутнього водопілля відповідно до трьох категорій водності – вище, близьке

або нижче за середньобагаторічне за об'ємом чи максимальною витратою води водопілля.

Встановлення кількісних величин очікуваних модульних коефіцієнтів відбувається за регіональними залежностями

$$k_m = f(k_X), \quad (6)$$

де k_m – модульний коефіцієнт, який для максимальних витрат води весняного водопілля є $k_m = q_m / q_0$ (відношення величин максимальних модулів водопілля q_m до їх середньобагаторічних величин q_0 , м³/(с·км²); для шарів стоку $k_m = Y_m / Y_0$ (відношення шарів стоку Y_m до їх середньобагаторічних величин Y_0 , мм).

Залежності вигляду (6) описуються рівнянням поліному 3-го (іноді вищого) степеня

$$k_m = b_0 + b_1 k_X + b_2 (k_X)^2 + b_3 (k_X)^3, \quad (7)$$

де b_0, b_1, b_2, b_3 – коефіцієнти поліному прогностичних залежностей.

Очікувані величини максимальних витрат води (Q_m , м³/с)

$$Q_m = k_m \cdot q_0 \cdot F, \quad (8)$$

а шарів стоку весняного водопілля (Y_m , мм)

$$Y_m = k_m \cdot Y_0, \quad (9)$$

де F – площі річкових водозборів, км².

Середньобагаторічні величини максимальних витрат води (чи їх модулів) та шарів весняного стоку розраховуються для кожної конкретної річки за часовим рядом стокових спостережень по ній. Для річок, по яких відсутні дані таких вимірів, в методиці територіальних довгострокових прогнозів обґрунтовано карту-схему розподілу середньобагаторічних величин шарів весняного стоку по території (з урахуванням впливу заболоченості і залісеності водозборів річок) [9]. Для визначення максимальних модулів весняного водопілля обґрунтована можливість використання моделі типового редуційного гідрографа водопілля, запропонованої Є.Д.Гопченком [1,9] при регіональному узагальненні параметрів розрахункової схеми.

Результати дослідження та їх аналіз. Розробка і реалізація територіально-загального методу довгострокових прогнозів характеристик весняного водопілля рівнинних річок України, у тому числі й басейну Десни та інших лівих приток Дніпра, виконана на матеріалах гідрометеорологічних спостережень за період 1966-2000 рр. Встановлення всіх базових величин прогнозу методикою – середньобагаторічних значень чинників водопілля, що входять до вектор-предиктора дискримінантної функції та стокових характеристик (шарів стоку та максимальних витрат води), здійснено станом на 2000 р. Незалежна перевірка методикою довгострокових прогнозів весняного водопілля, виконана на даних 2001-2010 рр., показала, що прогнозні величини в основному завищені відносно їх спостережених значень (забезпеченість перевірених прогнозів максимальних витрат води складала 62%, а шарів стоку – 77%). Похибки прогнозів пов'язані, на наш погляд, з більш складними, несталими умовами

формування весняних водопіль на річках в цей період і, взагалі, тими тенденціями до змін клімату і водного режиму весняного водопілля, що відбуваються протягом останніх десятиліть.

В роботі досліджені сучасні зміни часових рядів спостережень за гідрометеорологічними характеристиками зимово-весняного періоду формування весняного стоку на річках у зв'язку із загальними направленими тенденціями до підвищення температур повітря у сучасний період. З цією метою були залучені багаторічні дані по метеорологічних станціях розглядуваної території та характеристики водного режиму річок весняного водопілля (по гідрологічних постах в басейні Десни та лівих приток Середнього Дніпра). Тривалість багаторічних рядів подовжена до 2010 р.

Слід зазначити, що аналогічні дослідження багаторічної динаміки гідрометеорологічних характеристик весняного водопілля (максимальних витрат води, сум від'ємних і додатних температур повітря за зимовий період, максимальних запасів води в сніговому покриві та опадів періоду весняного водопілля) в басейні р.Десна здійснені в роботах УкрНДГМІ. Автори [10] довели, що тенденція до зменшення цих характеристик (крім температурних показників і сум весняних опадів) спостерігається з 70-х років минулого сторіччя. Висновки відносно найбільш інтенсивного потепління клімату і відповідно змін гідрометеорологічного режиму річок з 80-90-х років підтверджуються роботами [3-8, 11 та ін.].

Побудовані нами хронологічні графіки (трирічні ковзні) середньомісячних температур повітря за лютий та березень за період 1945-2010 рр. (на прикладі даних метеорологічних спостережень по станціях Глухів, Суми, Прилуки), свідчать про циклічність в їх ході, але має місце й багаторічна тенденція до підвищення температур повітря в ці місяці (наприклад, рис.1).

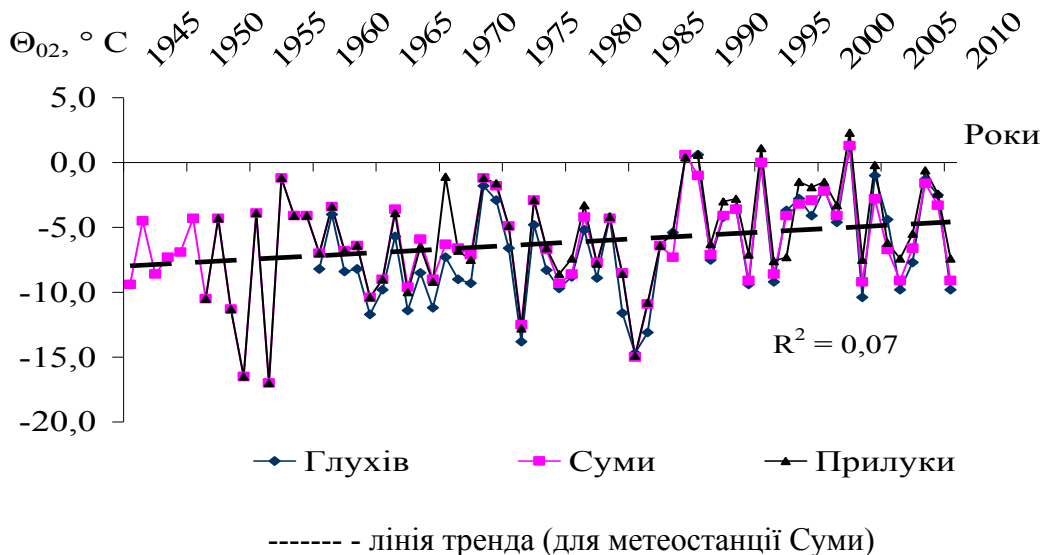


Рис. 1 - Багаторічний хід (у вигляді трирічних ковзних) середньомісячних температур повітря за лютий (метеостанції Глухів, Суми, Прилуки).

Характер погоди осіннього періоду визначає початкові умови формування майбутнього весняного водопілля: стан поверхні водозбору (вологість ґрунту, інтенсивність його промерзання, початок стабільного снігонакопичення чи його нестійкий характер), передзимову водність річок і відповідно ґрунтову складову весняного стоку.

Важливим показником можливих втрат тало-дошового стоку є глибина промерзання ґрунтів. Хронологічні графіки за багаторічний період спостережень (1960-2010 рр.) максимальних за зиму глибин промерзання ґрунтів (у вигляді трирічних ковзних і різницевих інтегральних кривих – рис.2,3) показують, що їх величини коливалися у бік збільшення в період з 60-х до середини 80-х років минулого сторіччя, далі незначно змінювалися протягом майже 20 років (до кінця 90-х), а на теперішній час поступово зменшуються (рис.3), у зв'язку з сучасним підвищенням температур повітря зимових місяців у регіоні.

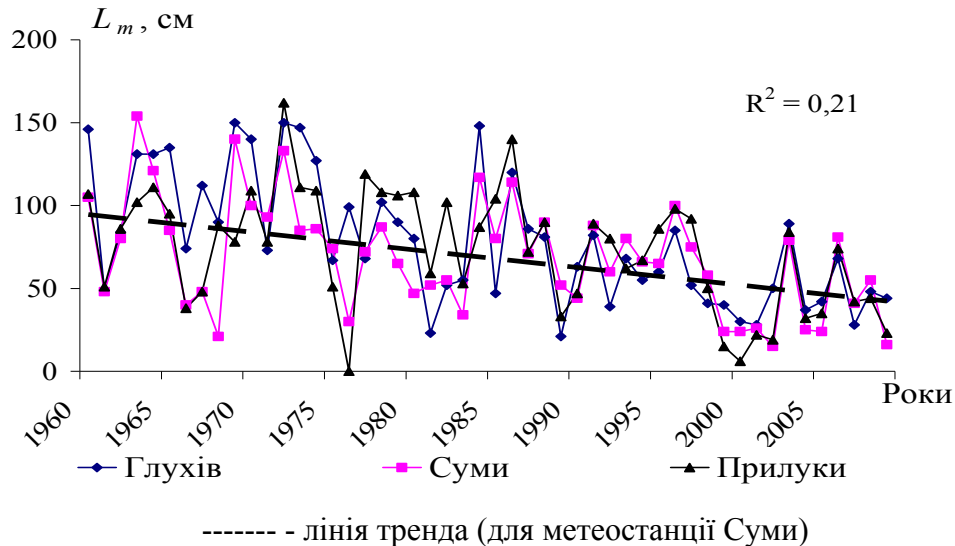


Рис.2 - Багаторічний хід (у вигляді трирічних ковзних) максимальних глибин промерзання ґрунтів (метеостанції Глухів, Суми, Прилуки).

Кількість опадів є основною характеристикою при формуванні весняного стоку на річках. При цьому враховуються опади холодного сезону у вигляді максимальних запасів води в сніговому покриві, які накопичилися на кінець зими, весняні опади періоду сніготанення і ті, що випадають на спаді весняного водопілля.

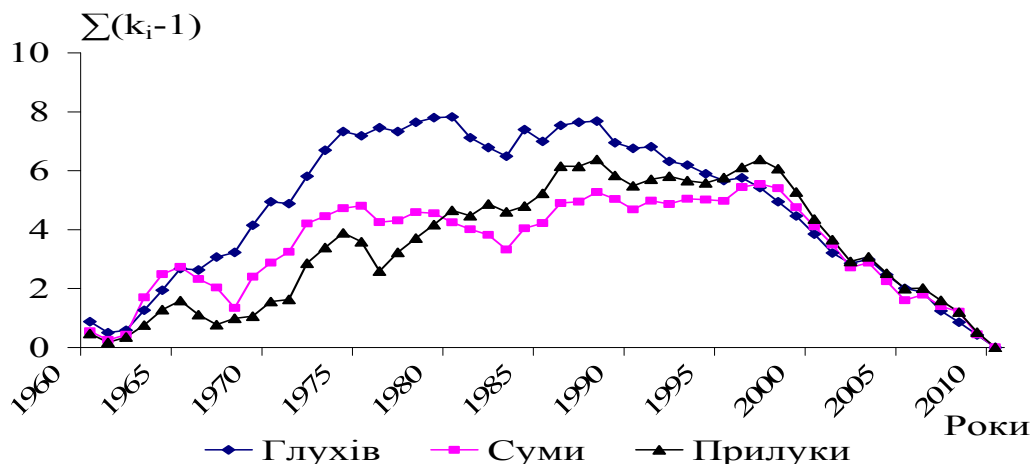


Рис. 3 – Різницеві інтегральні криві максимальних глибин промерзання ґрунтів (метеостанції Глухів, Суми, Прилуки).

Величини снігозапасів та їх розподіл на поверхні водозбору визначаються метеорологічними умовами періоду снігонакопичення (кількістю опадів та

температурною характеристикою, вітровим режимом), а також рельєфом місцевості, розподілом рослинності та ін.

Переважаання в останні десятиліття теплих зим із частими та тривалими відлигами і відповідно малими снігозапасами позначилося й на загальній тенденції до зменшення як тривалості періоду сталого снігонакопичення, так і середньобаторічних максимальних снігозапасів.

Аналіз часових рядів спостережень за снігозапасами свідчить, що протягом тривалого часу величини максимальних запасів води в сніговому покриві не залишалися без змін (рис.4,5) – в період з 1945 по 1965 роки вони зменшувалися, потім після різкого збільшення залишалися сталими при високих значеннях (до 90-х років минулого століття), а у сучасний період спостерігається направлена тенденція до їх зменшення (рис.5).

Такі результати підтверджують і висновки у роботах [3,6,8]. Зазначені зміни запасів води в сніговому покриві протягом останнього двадцятиріччя є головною причиною зниження стоку весняного водопілля [6-11].

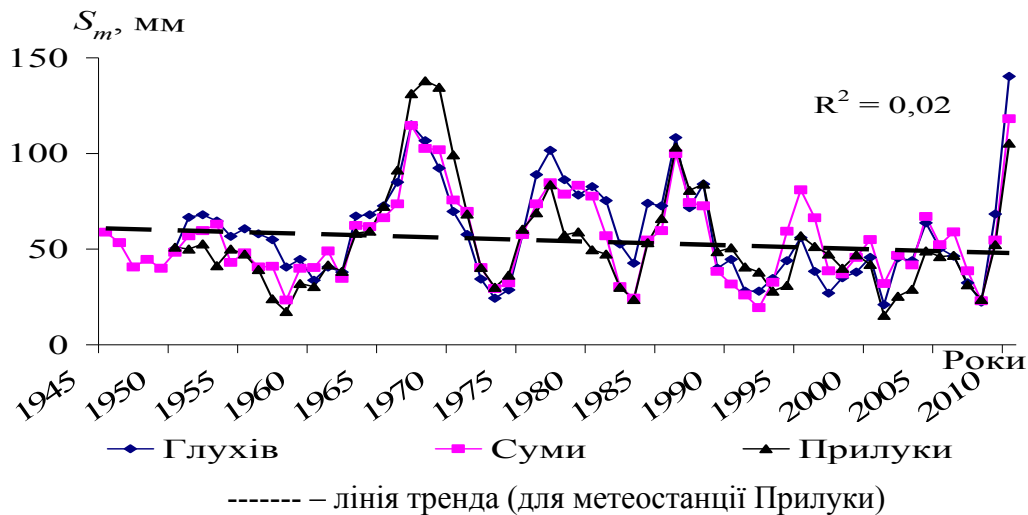


Рис. 4 - Багаторічний хід (у вигляді трирічних ковзних) максимальних запасів води в сніговому покриві (метеостанції Глухів, Суми, Прилуки).

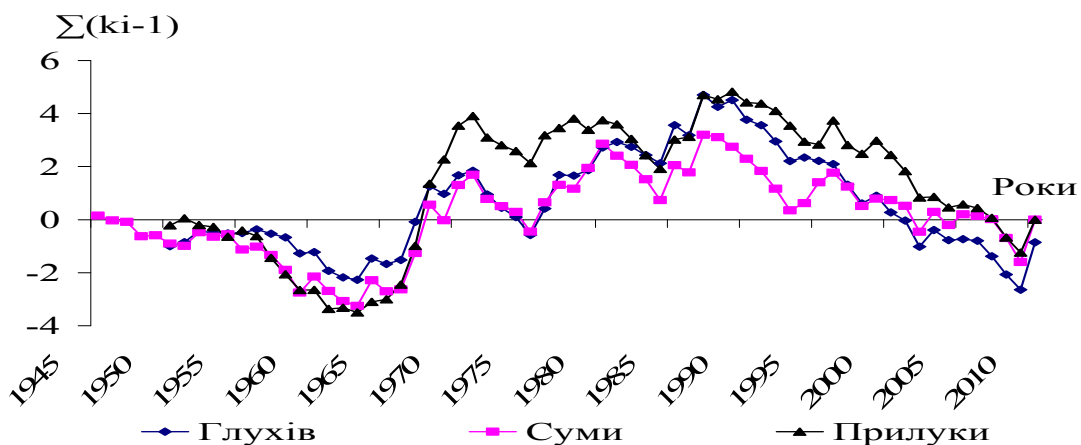
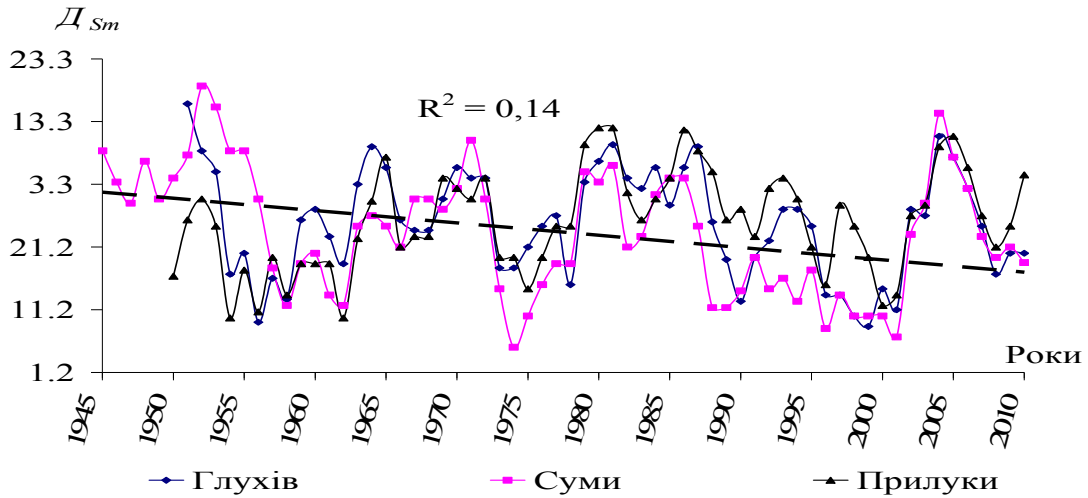


Рис. 5 - Різницькі інтегральні криві максимальних запасів води в сніговому покриві (метеостанції Глухів, Суми, Прилуки).

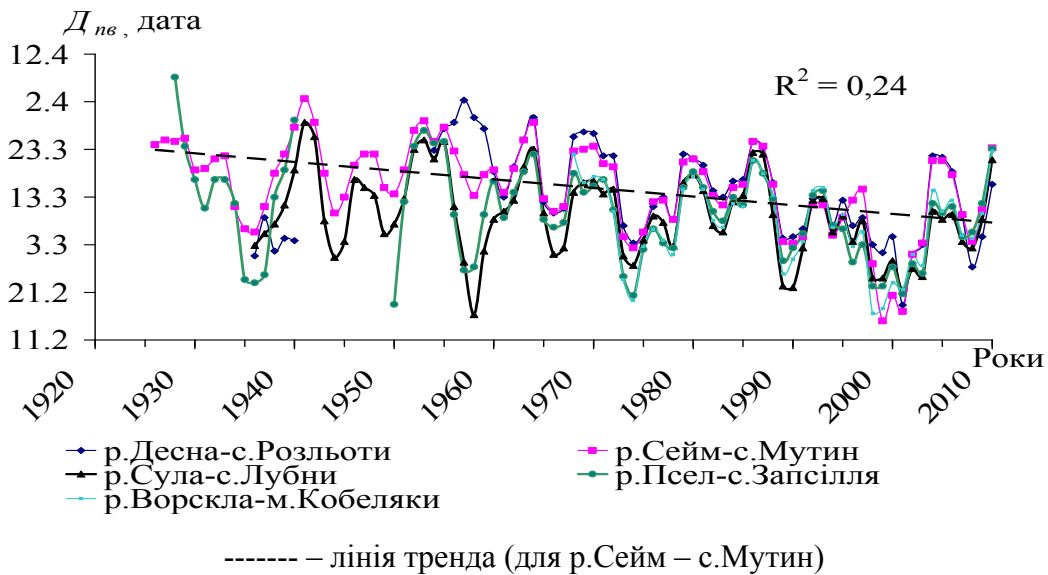
В басейнах Десни та інших лівих приток Середнього Дніпра спостерігається й незначна тенденція (рис.6) зсунення до більш ранніх дат настання максимальних

снігозапасів (особливо у період 1980 – 2000 років), а відповідно й строків початку весняних водопіль (рис.7).



----- – лінія тренда (по метеостанції Суми)

Рис. 6 - Багаторічний хід (у вигляді трирічних ковзних) дат максимальних запасів води в сніговому покриві (метеостанції Глухів, Суми, Прилуки).



----- – лінія тренда (для р.Сейм – с.Мутин)

Рис. 7 - Хронологічні графіки (у вигляді трирічних ковзних) дат початку весняного водопілля в басейнах Десни та лівих приток Середнього Дніпра.

Відносно багаторічних змін величин об'ємів та максимальних витрат води весняного водопілля для рівнинних річок України в період останніх років, існують співпадаючі висновки авторів [6-8,10]. В цих роботах відзначається, що в останні десятиріччя у зв'язку з сучасними змінами кліматичних умов регіону для періоду весняного водопілля має місце зменшення максимальних витрат води при зменшенні висоти і запасів води в сніговому покриві з вісімдесятих років минулого сторіччя. При цьому досліджуються й циклічні коливання фаз водності річок [10].

В нашій статті досліджено багаторічний хід характеристик стоку весняного водопілля (на прикладі р.Десна-с.Розльоти, р.Сейм-с.Мутин, р.Сула-м.Лубни, р.Псел-с.Запсілля, р.Ворскла-м.Кобеляки). Були побудовані хронологічні графіки при трирічному ковзному осередненні та різницеві інтегральні криві – як для шарів весняного стоку (рис. 8,9 відповідно), так і для максимальних витрат води весняного водопілля (рис. 10,11). Графіки вказують на наявність сталої за багаторічний період тенденції до зменшення шарів стоку весняного водопілля, яка більш відчутна для Сейму (при коефіцієнті $R^2=0,50$) і рр.Сула, Псел, Ворскла ($R^2=0,18-0,26$) і менш виражена для річок, які розташовані північніше (наприклад, для р.Десна – с.Розльоти, $R^2=0,044$).

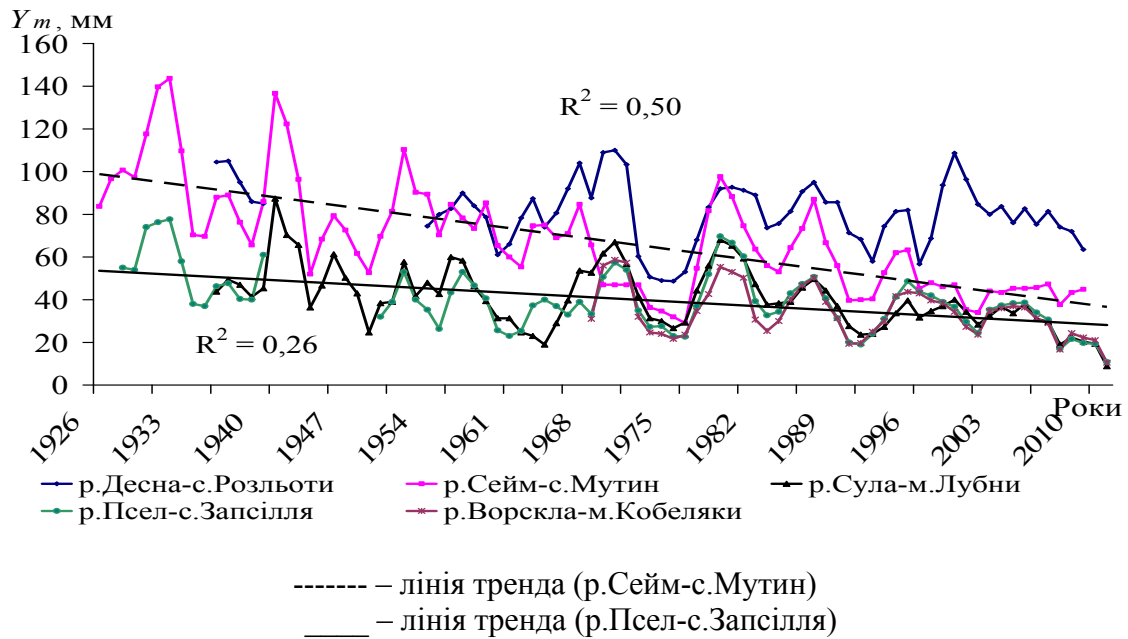


Рис.8 - Хронологічний графік (у вигляді трирічних ковзних) шарів стоку весняного водопілля в басейнах Десни та лівих приток Середнього Дніпра.

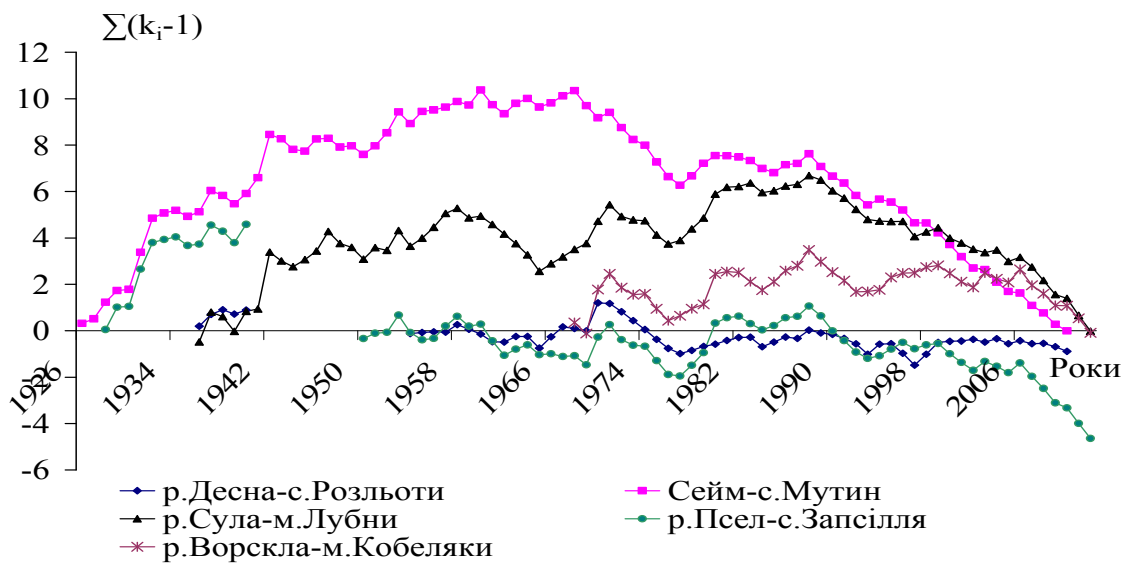


Рис.9 - Різницеви інтегральні криві шарів стоку весняного водопілля в басейнах Десни та лівих приток Середнього Дніпра.

Для часових рядів максимальних витрат води водопілля спостерігається значущий тренд для всіх річок розглядуваної території ($R^2=0,31-0,58$). Різницеві інтегральні криві дозволяють виділити періодичну спадну складову характеристик максимального весняного стоку з початку восьмидесятих років минулого сторіччя. З іншого боку, цей період припадає на знижену фазу водності весняного водопілля річок, яка у подальшому може змінити свій напрямок.

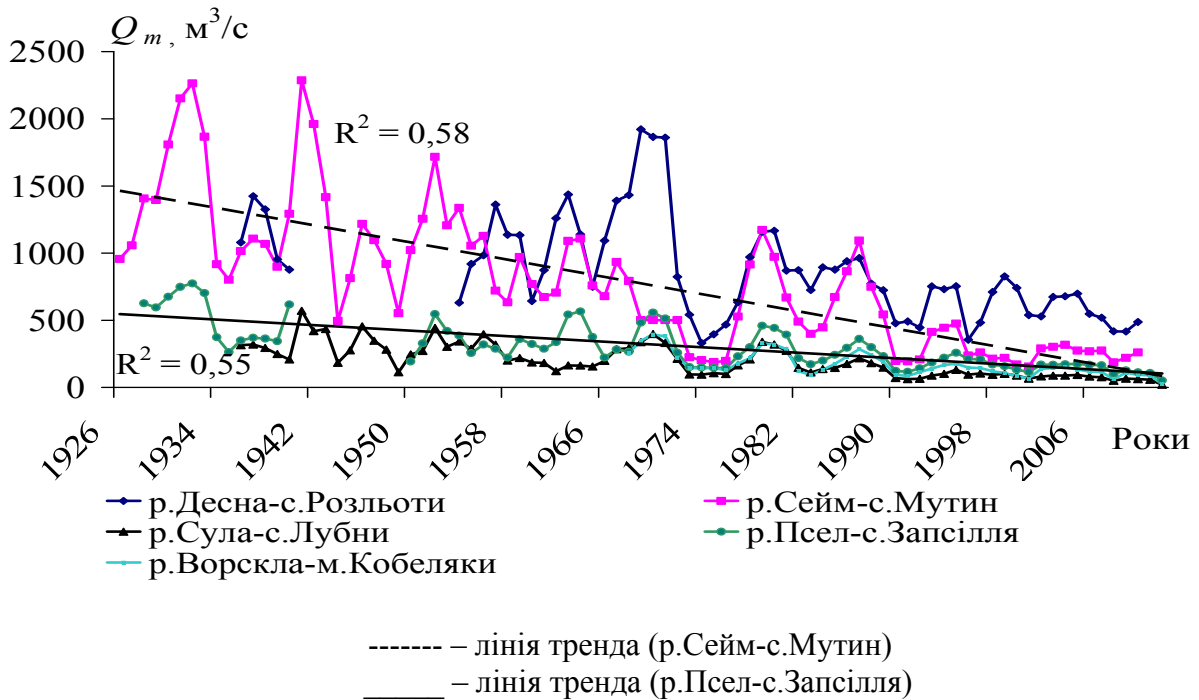


Рис.10 - Хронологічний графік (у вигляді трирічних ковзних) максимальних витрат води весняного водопілля в басейнах Десни та лівих приток Середнього Дніпра.

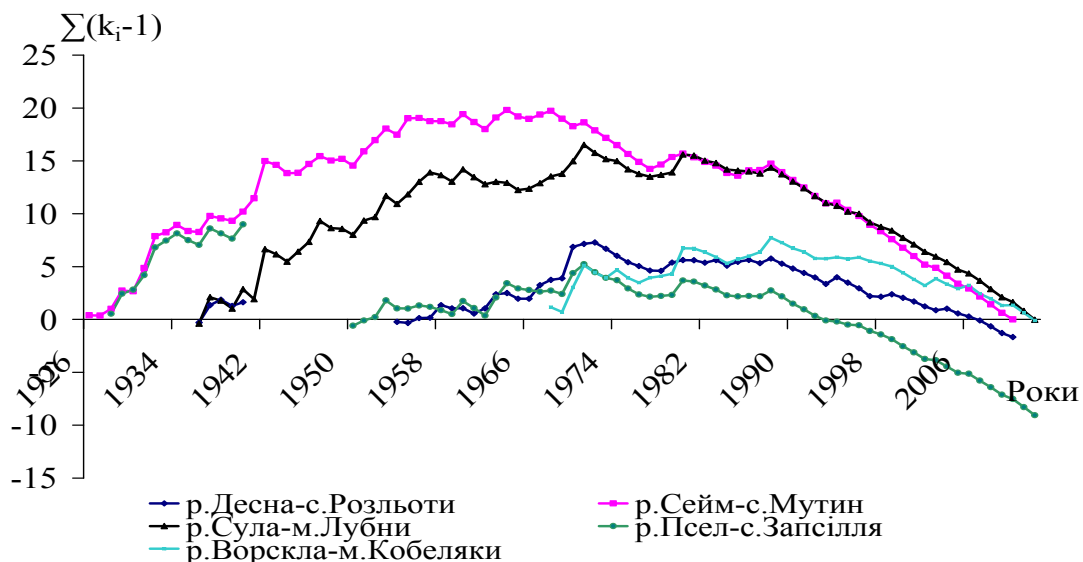


Рис.11 - Різницеві інтегральні криві максимальних витрат води весняного водопілля в басейнах Десни та лівих приток Середнього Дніпра.

В умовах сучасних направлених тенденцій до зниження водності весняного водопілля рівнинних річок (за будь-яких причин) мають місце зміни й середньобаторічних величин стокових характеристик цього періоду. У запропонованій методиці прогнозу гідрологічних величин весняного водопілля до базових середньобаторічних величин характеристик стоку, отриманих при розробці методики прогнозу до 2000 р., вводяться коефіцієнти, що враховують зміни водності весняного водопілля за останнє десятиріччя (станом, наприклад, на 2010 р.) [12].

Такі коефіцієнти узагальнені в межах всієї рівнинної території України в залежності від географічної широти водозборів (φ^0 в частках град.) у вигляді рівнянь:

$$K_{Q_{2010}} = 0,92 - 0,022(\varphi^0 - 50) ; \quad (10)$$

$$K_{Y_{2010}} = 0,97 - 0,017(\varphi^0 - 50) ; \quad (11)$$

В такому разі прогнозні значення максимальних витрат води Q'_m і шарів стоку Y'_m весняного водопілля на річках за методикою територіальних довгострокових прогнозів, відповідно (8) і (9), визначатимуться як

$$Q'_m = k_m \cdot q_0 \cdot K_{Q_{2010}} \cdot F ; \quad (12)$$

$$Y'_m = k_m \cdot Y_0 \cdot K_{Q_{2010}} , \quad (13)$$

де F - площа річкових водозборів, км².

Висновки та перспективи подальших досліджень.

1. На основі виконаного аналізу часових багаторічних рядів гідрометеорологічних характеристик весняного водопілля річок можна зробити висновок, що спостерігається циклічність в їх ході з направленою тенденцією у сучасний період – до підвищення зимово-весняних температур повітря, зменшення глибин промерзання ґрунтів і зимового снігонакопичення і, як наслідок, зниження водності весняного водопілля річок.

2. При прогнозуванні характеристик водопілля у кожному році визначальними є поточні гідрометеорологічні умови і чинники, які інтегрально враховуються відповідними параметрами дискримінантних рівнянь.

3. У методиці довгострокових прогнозів характеристик весняного водопілля річок пропонується здійснювати уточнення розрахункових середніх стокових величин весняного водопілля (наприклад, кожні 10 років).

4. Перспективою подальших досліджень є адаптація територіально-загальної методики довгострокових прогнозів гідрологічних величин весняного водопілля в умовах сучасних кліматичних змін, адже на довготермінову перспективу знижена фаза водності водопілля може змінитися її підвищенням.

Список літератури

1. Гопченко Є.Д., Овчарук В.А., Шакірманова Ж.Р. Розрахунки та довгострокові прогнози характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні р.Прип'ять: Монографія – Одеса : Екологія, 2011. – 336 с.

2. Шакірманова Ж.Р. Методика територіальних довгострокових прогнозів характеристик весняного водопілля та її реалізація в межах рівнинної території України // Український гідрометеорологічний журнал. – 2011. – №9. – С.141-150.
3. Клімат України / За ред. В.М.Ліпінського, В.А.Дячука, В.М.Бабіченко. – Київ: Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.
4. Мартазінова В.Ф., Свердлик Т.А. Зміни великомасштабної атмосферної циркуляції повітря протягом ХХ ст. та її вплив на погодні умови і регіональну циркуляцію повітря в Україні // Український географічний журнал. – 2001. – №2. – С.28-34.
5. Клімат України: у минулому...і майбутньому? / М.І.Кульбіда, М.Б.Барабаш, Л.О.Єлістратова, Т.І.Адаменко, Н.П. Гребенюк, О.Г.Татарчук, Т.В.Корж / За ред. М.І.Кульбіди, М.Б.Барабаш : Монографія. – К.: Сталь, 2009. – 234 с.
6. Вишневецький В.І. Зміни клімату і річкового стоку на території України і Білорусі // Наук.праці УкрНДГМІ, 2001. – Вип.249. – С.89-105.
7. Вишневецький В.І. Косовець О.О. Гідрологічні характеристики річок України – К.: Ніка-Центр, 2003. – 324 с.
8. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) – К. : Ніка-Центр, 2010. – 316 с.
9. Гонченко Є.Д., Шакірманова Ж.Р. Територіальне узагальнення базових величин прогнозування схеми характеристик весняного водопілля для рівнинних річок України//Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2011. – Вип.12 – С.149-160.
10. Gorbachova L. & Kolianchuk O. Long-term dynamics of the main hydrometeorological characteristics of spring flood in the Desna River's basin // Conference proceeding "Water resource and wetlands": 14-16 September 2012, Tulcea, Romania // In. Casretescu P, Lewis W., Bretcan P. (eds). – 2012. – P. 174-179.)
11. Гонченко Є.Д., Овчарук В.А., Шакірманова Ж.Р. Дослідження впливу сучасних змін клімату на характеристики максимального стоку весняного водопілля на річках Полісся//Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т.3(20). – С. 50-59.
12. Шакірманова Ж.Р. Прогнозування максимальних витрат води весняного водопілля в басейні Дніпра з використанням автоматизованих програмних комплексів//Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.4(25). – С.48-55.

Определение основных факторов весеннего половодья рек левобережья Днепра при долгосрочных прогнозах его характеристик

Шакірманова Ж.Р.

Выполнена оценка временных многолетних изменений гидрометеорологических факторов и стоковых характеристик весеннего половодья рек бассейна Десны и других левых притоков Днепра и предложены рекомендации учета этих изменений в территориально-общем методе прогноза максимального стока весеннего половодья.

Ключевые слова: гидрометеорологические факторы, направленные тенденции изменений, долгосрочные прогнозы характеристик весеннего половодья.

Determination of the main factors of spring flood on the left bank of the Dnieper river in long-term forecasts of its characteristics

Shakirmanova J.R.

The evaluation of long-term temporal changes in meteorological factors and runoff characteristics of the spring flood of basins rivers Desna and other left tributary of the Dnieper, and offers recommendations for these changes in the territorially general method for forecasting of maximum runoff of spring flood.

Keywords: meteorological factors, the trend changes, long-term forecasting of characteristics of the spring floods.