

УДК 556.16

*Гопченко Є.Д., Овчарук В.А., Шакірманова Ж.Р.
Одеський державний екологічний університет*

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СУЧАСНИХ ЗМІН КЛІМАТУ
НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ
ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ НА РІЧКАХ ПОЛІССЯ**

Ключові слова: клімат, максимальний стік, водопілля, тренд

Вступ. Основні риси клімату досліджуваної території формуються під впливом загальних і місцевих кліматоутворюючих факторів, характер і інтенсивність яких суттєво відрізняються по сезонах року.

Зимовий сезон, як і усе холодне півріччя, характеризується переважною роллю циркуляційного фактору. Зимово дуже розвинена циклонічна діяльність. Перехід до холодного періоду пов'язаний з початком вторгнення арктичного повітря, обумовлюючого різкі і значні похолодання, перші морози і сніг. Повторюваність й інтенсивність цих вторгнень зимою поступово збільшується.

Перехід до весняного періоду супроводжується збільшенням ролі радіаційного фактору і посиленням впливу підстильної поверхні.

Влітку вторгнення арктичного повітря майже припиняється. Атмосферні процеси характеризуються посиленням азорського антициклону. У цілому погодні умови літнього сезону відрізняються значним підвищенням температури повітря за рахунок прогріву земної поверхні, великою повторюваністю ясних днів, рідкими туманами, збільшенням кількості опадів і активною грозовою діяльністю.

Протягом осіннього сезону азорський антициклон повністю руйнується. Замість нього в жовтні-листопаді починає розвиватися сибірський антициклон [4, 6].

Для характеристики особливостей клімату досліджуваного регіону за рекомендацією Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО) до сьогодні використовуються стандартні кліматичні норми – осереднені метеорологічні характеристики за період 1961-1990 рр. [1, 3–5]. Але ж характерними рисами клімату сучасного періоду, на фоні глобального потепління, стає зменшення циклонічної діяльності при змінненні погодних умов, особливо холодного періоду. Взагалі зими останніх років потеплішали, а їх опади частіше представлені мокрим снігом і рідкими опадами, при зміні й їх кількісних величин. Зміни циркуляції атмосфери проявляються й у літній сезон, визиваючи мінливість погоди з прохолодою і дощами [1, 5].

Постановка задачі. За даними багаторічних досліджень, результати яких узагальнені в сучасній монографії «Клімат України» [4] встановлено, що у зв'язку зі змінами атмосферної циркуляції і глобального потепління клімату, на території Полісся за сторічний період спостережень відмічається підвищення середньорічної температури повітря на 0.7-0.9 °С, а для зимового сезону воно досягає 1.5 °С.

У роботі М.І. Кульбиди, М.Б. Барабаш та ін. [5] вказується на вікове підвищення середньорічної температури повітря на 0.8–1.1 °С, при цьому найбільші позитивні аномалії було відмічено у зимові і весняні місяці.

У зв'язку з загальною тенденцією підвищення глобальної і регіональної температури повітря в останні роки, в даній роботі оцінена багаторічна зміна характеристик зимово-весняного періоду формування весняного водопілля в басейні р. Прип'ять і деяких сусідніх річок.

Результати досліджень. На прикладі даних метеорологічних спостережень за даними метеостанції Новоград-Волинський побудовані хронологічні графіки (трирічні ковзні) середньомісячних температур повітря у лютому (рис.1) та березні (рис.2) за багаторічний період спостережень (1907-2010 рр.). Хронологічні графіки підтверджують наявність позитивного тренду до підвищення середніх за місяць температур повітря як у лютому, так і у березні.

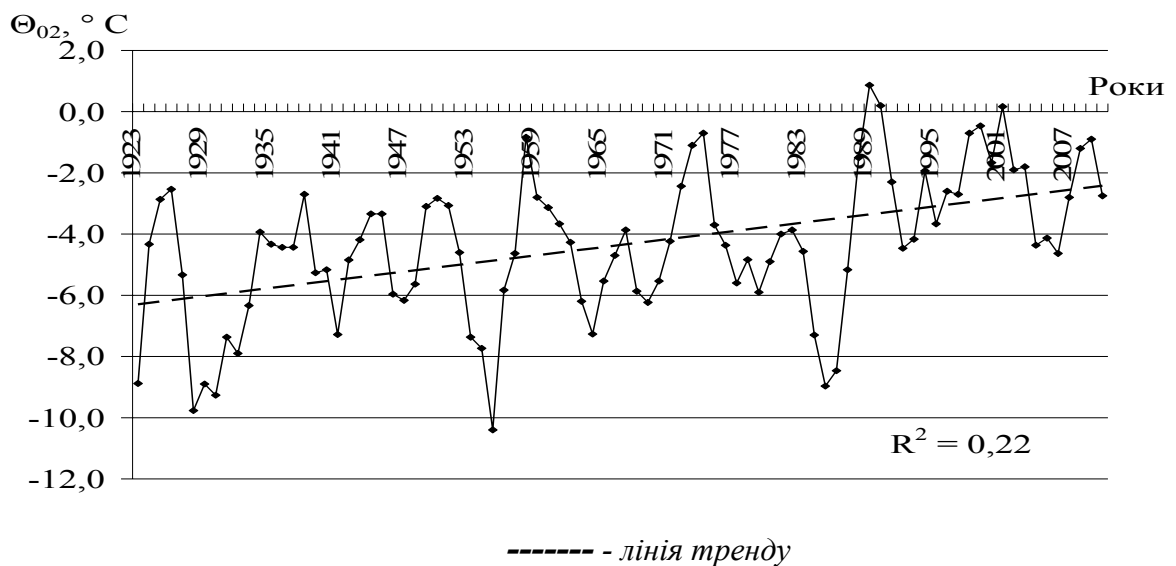
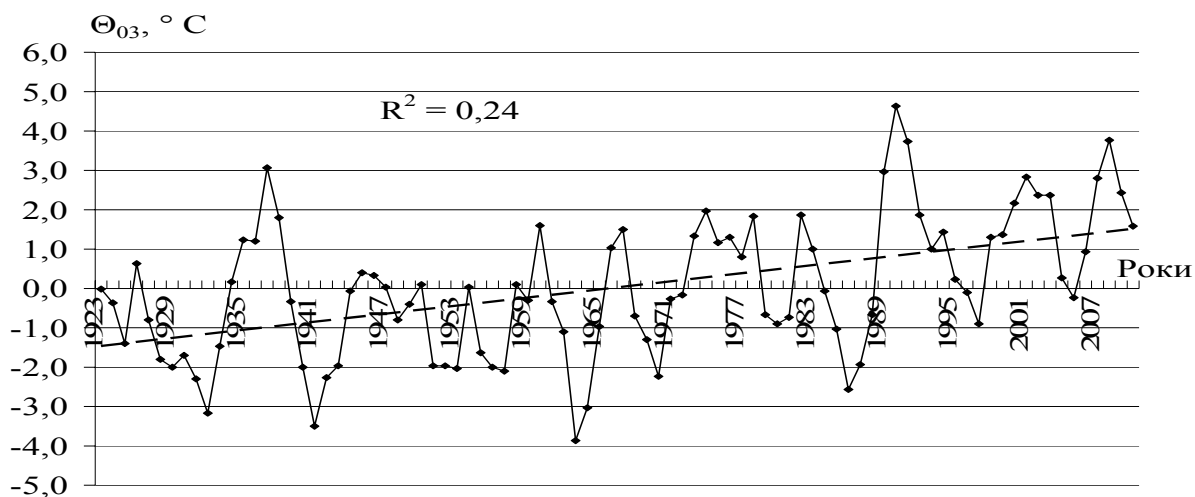


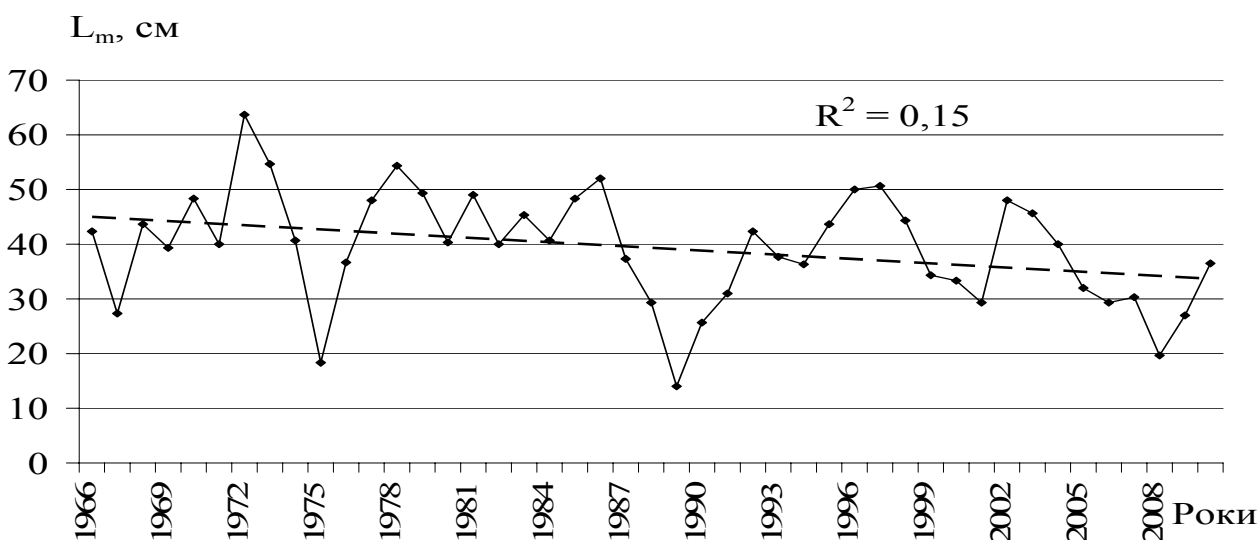
Рис. 1. Багаторічний хід (у вигляді трирічних ковзних) середньомісячних температур повітря за лютий (метеостанція Новоград-Волинський)

На фоні сучасного підвищення температури повітря зимових місяців у регіоні змінюється й глибина промерзання ґрунтів. Хронологічні графіки за багаторічний період спостережень (1958–2010 рр.) максимальних за зиму глибин промерзання ґрунтів (у вигляді трирічних ковзних) показують наявність спадного з 80-х років минулого сторіччя тренду максимальних глибин промерзання ґрунтів на водозборах (рис. 3).



----- - лінія тренду

Рис.2. Багаторічний хід (у вигляді трирічних ковзних) середньомісячних температур повітря за березень (метеостанція Новоград-Волинський)



----- - лінія тренду

Рис.3. Багаторічний хід (у вигляді трирічних ковзних) максимальних глибин промерзання ґрунтів (метеостанція Новоград-Волинський)

Період сніготанення залежить від товщини і щільності снігового покриву. Середня тривалість періоду сніготанення 16–20 днів, в роки з дружними теплими веснами танення відбувається за 4–8 днів, а в роки з затяжними веснами сніг сходить впродовж місяця. Щільність снігового покриву постійно змінюється у часі й у просторі і багато у чому залежить від режиму погоди. К моменту сніготанення середня щільність снігу складає $0.20\text{--}0.26 \text{ г/см}^3$. Запаси води в сніговому покриві на цей час звичайно максимальні і сягають в середньому за багаторічний період до 40-50 мм на правобережжі та 60-70 мм в басейнах лівобережних приток Прип'яті. Вони в основному й визначають майбутній об'єм та максимальні витрати води весняного водопілля. Зимові відлиги, які є характерним явищем в басейні р. Прип'ять, особливо в південно-західних його районах, призводять до перерозподілу

снігу на відкритих та залісених ділянках, в яруго-балковій мережі річкових водозборів. Тому визначення максимальних снігозапасів, які формують весняну хвилю водопілля, потребує ретельного аналізу метеорологічних умов всього зимово-весняного періоду.

Досліджено тенденцію часових змін значень максимальних снігозапасів в басейні р. Прип'ять за період 1945-2010 рр. Хронологічні графіки з трирічним згладжуванням (рис.4) за даними снігозйомок метеостанції Новоград-Волинський показують, що у багаторічному розрізі, а також в умовах потепління клімату, особливо у зимові місяці [5], максимальні запаси води в сніговому покриві мають тенденцію до їх зменшення у період з 90-х років минулого сторіччя до теперішнього часу.

Спостерігається й тенденція до більш ранніх дат настання максимальних снігозапасів в басейні Прип'яті (рис.5).

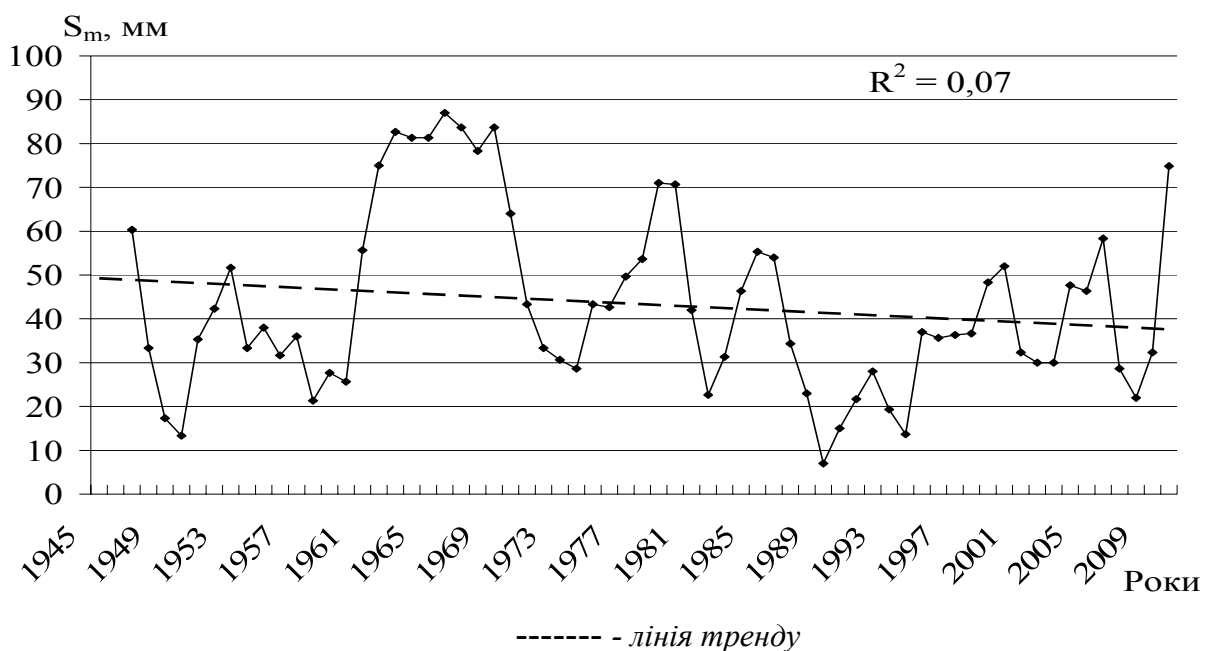
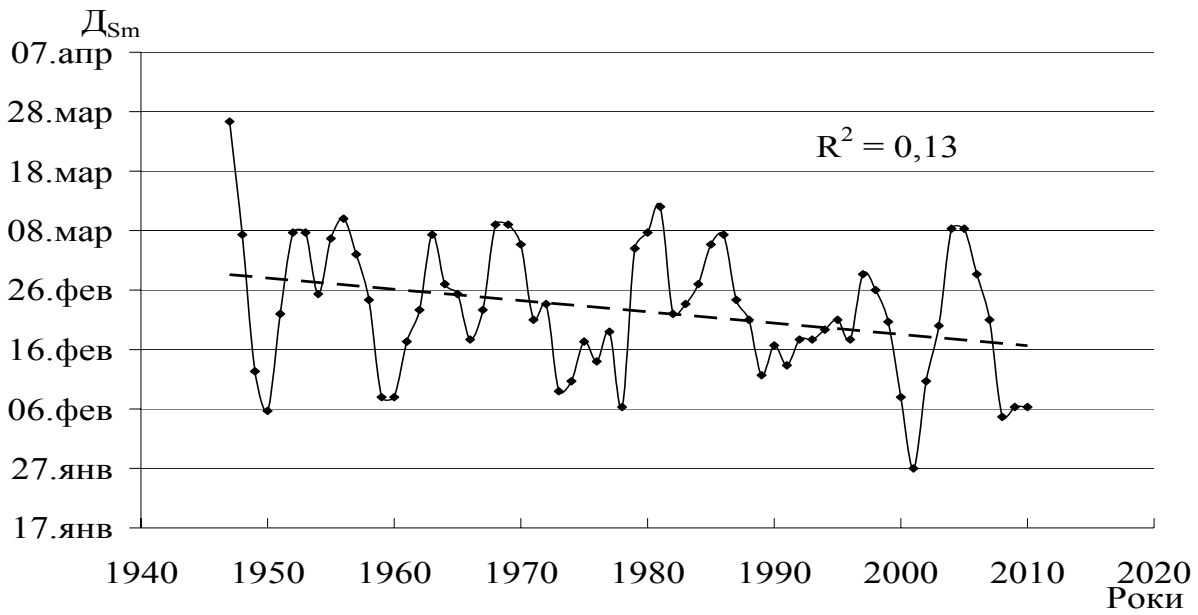


Рис.4. Багаторічний хід (у вигляді трирічних ковзних) максимальних запасів води в сніговому покриві (метеостанція Новоград-Волинський)

На річках розглядуваної території, яка належить до лісової зони достатнього зволоження, весняне водопілля є вираженою багатоводною фазою в режимі річок. Водопілля формуються сніготаненням та випадінням рідких опадів у весняний період в умовах різного ступеня вологості та промерзання ґрунтів. Умови формування весняного стоку пов'язані також і з місцевими факторами підстильної поверхні таких, як рельєф, заболоченість, залісеність, наявність карстових областей, характер ґрунтів на водозборах.

За наявності зимових відлиг на річках спостерігаються паводки. Як правило, найбільш вираженою і глибокою буває відлига в кінці січня - на початку лютого, яка призводить до вираженого зимового паводку з максимальною витратою води, як правило, не вище весняної хвилі (1971, 1981, 1998, 2000, 2001 рр.).

Після зимових відлиг часто спостерігається повторне снігонакопичення і формування різних за висотою весняних водопіль, які можуть посилюватися дощовими опадами (1981–1983, 1986, 2000 рр.).

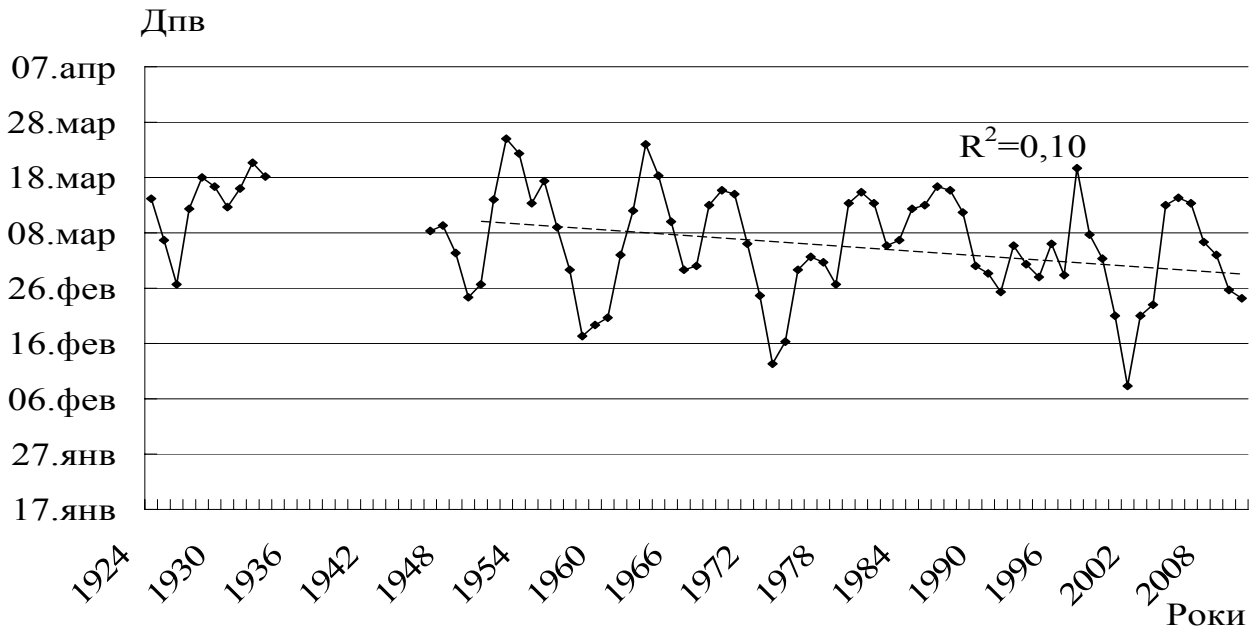


----- - лінія тренду

Рис.5. Багаторічний хід дат максимальних запасів води в сніговому покриві (метеостанція Новоград-Волинський)

Характерною рисою формування весняного стоку останніх років у зв'язку з менш сприятливими для цього умовами в деякі роки повторного снігонакопичення майже не спостерігається, і тоді зимовий паводок переходить у водопілля, як наприклад, у 2002 р.

Аналізуючи строки початку весняного водопілля за багаторічний період (с початку стокових спостережень на річках по 2010 р.) можна відзначити тенденцію до більш ранніх дат розвитку весняних процесів (рис.6).



----- - лінія тренду

Рис.6. Хронологічні графіки (у вигляді трирічних ковзних) дат початку весняного водопілля на р. Случ - м. Сарни

Що стосується самих величин об'ємів та максимальних витрат води весняного водопілля, то для річок басейну р. Прип'ять (територія Полісся) існують різні висновки низки авторів [1–3, 8]. В цих роботах відмічається, 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 [3, 8].

З метою оцінки можливого впливу змін кліматичних характеристик на величини максимального стоку весняного водопілля в басейні р. Прип'ять проведена оцінка їх однорідності. Для аналізу були використані дані постів з періодом спостережень більше 40 років, результати наведені в табл. 1. Як видно з цієї таблиці, неоднорідними виявилися найбільш тривалі ряди спостережень, що відносяться до Української частини басейну і за якими в нашому розпорядженні є дані до 2010 року, включно. Якщо встановлено, що ряди неоднорідні, то виникає необхідність проаналізувати хронологічний хід стоку в цих рядах з метою виявлення можливих трендів, тобто спрямованих змін в бік збільшення або зменшення стоку. З цією метою побудовані хронологічні графіки ходу максимального стоку весняного водопілля, які представлені у вигляді згладжених за допомогою лінійного фільтру модульних коефіцієнтів (рис.7, 8) та отримані коефіцієнти кореляції лінійного тренду. Аналізуючи рис.7, можна відмітити, що на досліджуваних річках (рр. Случ, Стир, Ірша) спостерігається від'ємний тренд з досить високими коефіцієнтами кореляції – від 0,53 до 0,68. З іншого боку, на річках Прип'ять, Горинь, Уборть та ін. – тренд практично відсутній (рис. 8.). Пояснити цю ситуацію досить просто – вихідні дані по гідрологічних постах Білорусії обмежені 1980 р., і до цього моменту вочевидь процес стоку на річках мав стаціонарний характер. В останні ж роки, як вже відмічалось в вище, у зв'язку з сучасними змінами кліматичних умов регіону ця стаціонарність порушена. Отже, коли наявність тренду встановлена, виникає питання його статистичної значущості. З цією метою висувається нульова гіпотеза щодо тісноти розглянутого зв'язку

$$H_0: r_{xy} = 0. \quad (1)$$

Якщо розподіл вибірових оцінок r_{xy} задовольняє нормальному розподілу (що вірно при $n > 30$), то для перевірки нульової гіпотези в якості критерію можна використовувати статистику t

$$t = \frac{r_{xy}}{\sqrt{\sigma^2 r_{xy}}}, \quad (2)$$

розподіл якої підкоряється розподілу Ст'юдента[7]. Значення t визначається за вибіровими оцінками коефіцієнта кореляції \tilde{r}_{xy} і його стандарту S_r

$$\tilde{t} = \frac{|r_{xy}|}{S_r} \quad (3)$$

Таблиця 1. Оцінка однорідності часових рядів максимальних витрат води весняного водопілля на річках Полісся

Річка-пост	n, років	Рівень значущості, %	F	F _{кр}	t	t _{кр}	висновок
р.Стир - м.Луцьк	85	1%	7,42	1,92	3,36	2,64	не однорідний
		5%		2,38		1,99	
р.Случ - с.Громада	80	1%	1,75	2,47	3,41	2,64	не однорідний
		5%		1,98		1,99	
р.Случ - м.Сарни	84	1%	2,72	2,41	0,96	2,64	не однорідний
		5%		1,94		1,99	
р.Уж - смт Поліське	77	1%	1,23	2,51	0,76	2,65	однорідний
		5%		2,00		1,99	
р.Тетерів - м.Житомир	73	1%	5,23	2,04	3,17	2,65	не однорідний
		5%		2,57		1,99	
р.Ірша - с.Українка	77	1%	2,81	2,51	2,67	2,65	не однорідний
		5%		2,00		1,99	
р.Ірпінь - с.Мостище	78	1%	9,39	2,51	3,33	2,65	не однорідний
		5%		2,00		1,99	
р.Прип'ять – смт.Турів	45	1%	1,11	3,44	0,06	2,70	однорідний
		5%		2,50		2,02	
р.Прип'ять - м.Мозирь	51	1%	1,05	2,93	0,29	2,68	однорідний
		5%		2,25		2,01	
р.Горинь - смт.Річиця (пос. Горинь)	53	1%	1,24	2,87	0,33	2,67	однорідний
		5%		2,21		2,01	
р.Случь – Новодворці	48	1%	1,16	3,20	0,14	2,69	однорідний
		5%		2,38		2,02	
р.Уборть - Красноберіжжя	51	1%	1,33	2,93	0,09	2,68	однорідний
		5%		2,25		2,01	
р. Птич – с.Комаріно	47	1%	1,32	3,21	0,73	2,71	однорідний
		5%		2,38		2,02	
р. Птич – с.Лучиці	48	1%	1,83	3,21	1,16	2,70	однорідний
		5%		2,38		2,02	
р.Ореса – с.Верхутіно	47	1%	1,61	3,21	1,57	2,70	однорідний
		5%	3	2,38		2,02	

Для прикладу оцінимо значущість коефіцієнту кореляції тренду, який отримано для р. Стир – м. Луцьк. Як показано на рис.7, коефіцієнт кореляції дорівнює 0,58. Розрахуємо спочатку стандарт коефіцієнту кореляції:

$$\tilde{\sigma}_r = S_r = \frac{1 - \tilde{r}_{xy}}{\sqrt{n-1}} = \frac{1 - 0,339}{\sqrt{84}} = 0,072.$$

Далі розраховується статистика t за формулою (3)

$$\tilde{t}_r = \frac{|r_{xy}|}{S_r} = \frac{0,58}{0,072} = 8,056 .$$

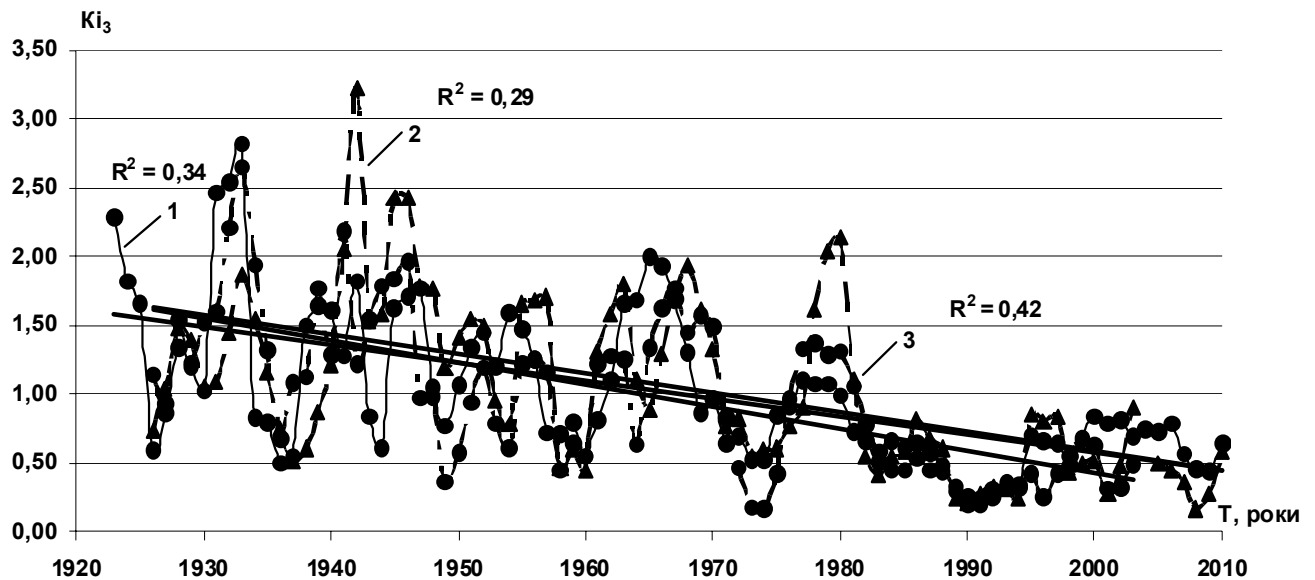


Рис. 7. Хронологічний хід максимальних витрат води весняного водопілля; ряд 1 - р.Стир - м.Луцьк, ряд 2 - р.Случ – с.Громада, ряд 3 - р.Ірша – с.Українка

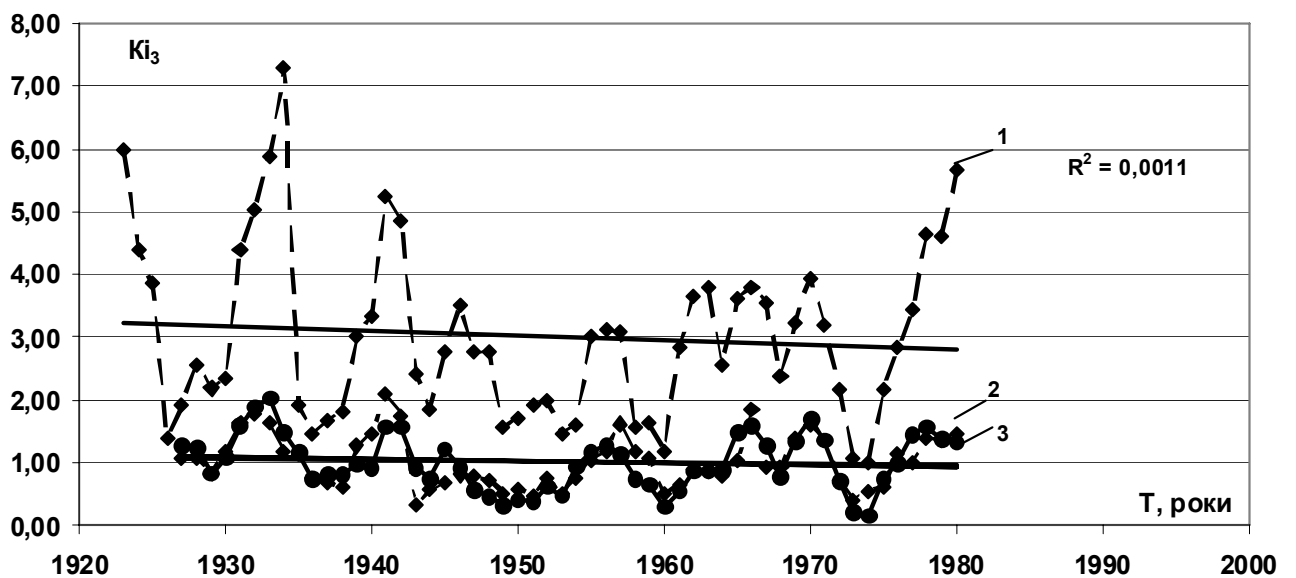


Рис. 8. Хронологічний хід максимальних витрат води весняного водопілля; ряд 1 - р.Горинь- смт.Річиця; ряд 2 - р.Уборть- с.Краснобережжя; ряд 3- р. Прип'ять - м. Мозир

Отримане значення статистики \tilde{t}_r порівнюється з критичним значенням $t_{кр}$, котре при кількості степенів вільності $\nu = n - 1 = 85 - 1 = 84$ і рівні значущості 5% дорівнює 1,67. Для ряду р. Стир – м. Луцьк $\tilde{t}_r = 8,056 > 1,67$, тобто коефіцієнт кореляції значущий.

Аналогічні результати отримані і для інших досліджуваних рядів Українського Полісся, на яких спостерігається від'ємний тренд, з іншого боку коефіцієнти кореляції лінійного тренду на річках Білорусі незначущі.

Отримане значення статистики \tilde{t}_r порівнюється з критичним значенням $t_{кр}$, котре при кількості степенів вільності $\nu = n - 1 = 85 - 1 = 84$ і рівні значущості 5% дорівнює 1,67. Для ряду р. Стир – м. Луцьк $\tilde{t}_r = 8,056 > 1,67$, тобто коефіцієнт кореляції значущий.

Аналогічні результати отримані і для інших досліджуваних рядів Українського Полісся, на яких спостерігається від'ємний тренд, з іншого боку коефіцієнти кореляції лінійного тренду на річках Білорусі незначущі.

Висновки. Отже, проаналізувавши багаторічні зміни характеристик зимово-весняного періоду формування весняного водопілля в басейні р. Прип'ять та їх вплив на величини максимальних витрат води весняного водопілля, можна відмітити наступне:

- найбільш тривалі ряди спостережень виявилися неоднорідними у часі;
- на неоднорідних рядах спостерігається від'ємний тренд зі значущими коефіцієнтами кореляції;
- пояснити наявність тренду можна змінами кліматичних умов регіону, які спостерігаються приблизно з вісімдесятих років минулого сторіччя;
- стаціонарним процес стоку на досліджуваних річках можна вважати на відрізку від початку спостережень до 1980 року і цей період пропонується приймати в якості розрахункового;
- що стосується періоду після 1980 року, то за необхідності, можна ввести відповідні коефіцієнти, які дозволять враховувати зниження стоку весняного водопілля в останні роки;
- висновки відносно наявного тренду не є остаточними і повинні уточнюватися по мірі отримання нових даних спостережень, оскільки періоди маловод'я, так же як і багатовід'ядя, можуть складати на річках 50-70 років, і у наступні роки тенденція може змінити свій напрямок.

Список літератури

1 Вишневецький В.І. Зміни клімату і річкового стоку на території України і Білорусі / В.І. Вишневецький // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2001. – Вип.249. – С.89-105. 2. Вишневецький В.І. Гідрологічні характеристики річок України / В.І. Вишневецький, О.О. Косовець. – К.: Ніка-Центр, 2003. – 324 с. 3. Войцехович В.О. Сучасні зміни максимального стоку річок Українського Полісся / В.О. Войцехович, Л.І. Лузан // Гідрометеорологічні дослідження в Україні. – 1999. – Вип.247. – С.125-135. 4. Клімат України / За ред. В.М.Ліпінського, В.А.Дячука, В.М.Бабіченко. – К. : Вид-во Раєвського, 2003. - 343 с. 5. Клімат України: у минулому...і майбутньому? : Монографія / за ред. М.І.Кульбіді, М.Б.Барабаш. – К. : Сталь, 2009. – 234 с. 6. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши, Т. 5, Белорусская ССР. – Л. : Гидрометеиздат. - 1985. – 667 с. 7. Сикан А.В. Методи статистической обработки гидрометеорологической информации / А.В. Сикан. – СПб, 2007 - 278с. 8. Сусідко М.М. Надзвичайно високі повені в басейні Прип'яті / М.М. Сусідко // Наук.праці УкрНДГМІ. – 2006. – Вип.255. – С.279-282.

Дослідження впливу сучасних змін клімату на характеристики максимального стоку весняного водопілля в басейні річки Прип'ять

Гопченко Є.Д., Овчарук В.А., Шакірманова Ж.Р.

Розглянуті багаторічні зміни характеристик зимово-весняного водопілля формування весняного водопілля у басейні р. Прип'ять. Встановлено, що починаючи з 80-х років ХХ

ст. порушено стаціонарність рядів максимального стоку на території дослідження, і цей факт необхідно враховувати при виконанні гідрологічних і гідротехнічних розрахунків.

Ключові слова: клімат, максимальний стік, водопілля, тренд.

Исследование влияния современных изменений климата на характеристики максимального стока весеннего половодья в бассейне реки Припять

Гопченко Е.Д., Овчарук В.А., Шакирзанова Ж.Р.

Рассмотрены многолетние изменения характеристик зимне-весеннего периода формирования весеннего половодья в бассейне р. Припять. Установлено что, начиная с 80-х годов прошлого столетия, нарушена стационарность рядов максимального стока на рассматриваемой территории, и этот факт необходимо учитывать при выполнении гидрологических и гидротехнических расчетов.

Ключевые слова: климат, максимальный сток, половодье, тренд.

Research of influence of modern changes of climate on descriptions of maximal runoff of spring flood in a river basin Pripyat'

Gopchenko E.D., Ovcharuk V.A., Shakirzanova Zh.R.

The long-term changes of descriptions of winter-spring period of forming of spring flood are considered in a basin Pripyat'. It is set that, since 80th of past century, the stationarity of maximal flow is broken on the examined territory, and this fact must be taken into account at implementation of hydrological and hydrotechnical calculations.

Keywords: climate, maximal runoff, spring flood, trend.

Надійшла до редколегії 25.02.10

УДК 556.16.047

Чорноморець Ю.О., Гребінь В.В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

БАГАТОРІЧНА ДИНАМІКА РЕЖИМУ ЖИВЛЕННЯ РІЧКИ ДЕСНА

Ключові слова: гідрограф стоку, живлення річок, снігове живлення, дощове живлення, підземне живлення, зони активного водообміну

Актуальність проблеми. Багаторічні коливання водності супроводжуються зміною внеску кожного виду живлення у внутрішньорічний розподіл річкового стоку. Саме тому дослідження часової динаміки внеску окремих видів живлення річки у внутрішньорічний розподіл стоку води дозволить розширити уявлення про періодичні зміни водності.

Мета досліджень. Метою досліджень є характеристика режиму живлення р. Десна за багаторічний період.

Аналіз попередніх досліджень. Визначення переважаючого джерела живлення річок через розчленування гідрографів стоку, зазвичай, проводиться шляхом окреслення прямої лінії, що з'єднує останню витрату зимової межені та початкову витрату води періоду літньої межені [7]. Вперше такий метод визначення джерел живлення річок був запропонований