

Анотація. Застосовані різницеві інтегральні криві для виявлення циклічних коливань характеристик мінімального стоку в часі.

Ключові слова: мінімальний стік, різницева інтегральна крива.

Розробка заходів щодо перспективного використання та охорони водних ресурсів вимагає оцінки змін у живленні річок, у внутрішньорічному розподілі стоку, а також оцінки змін мінімальних витрат води в річках.

Сучасні дослідження показують зростання частки підземного живлення, збільшення частки літньо-осінньої межені в річному об'ємі стоку, збільшення мінімальних середньомісячних витрат води за період зимової та літньо-осінньої межені [1,2].

Головним фактором у формуванні мінімального стоку є підземні води. Їх режим визначається, насамперед, місцевими фізико-географічними умовами (геологічними та гідрогеологічними). Вони характеризуються значною територіальною диференціацією, яку необхідно враховувати при дослідженні коливань і змін мінімального стоку річок.

Питання дослідження змін мінімального стоку є актуальними для оцінок процесів вологообміну в контексті сучасних регіональних кліматичних змін, а також для характеристики самоочисної здатності водотоків.

Об'єктом досліджень є р. Горинь від її верхів'я до виходу на Поліській низовині, яка згідно гідрологічного районування України проходить по Волинській підобласті достатньої водності і Верхньоприп'ятсько-Бузької підобласті підвищеної водності.

Метою роботи є проведення статистичного аналізу часових рядів мінімальних 30-денних (середніх за місяць) витрат води літньо-осінньої та зимової межені на предмет виявлення направлених змін та аперіодичних (циклічних) коливань безпосередньо за даними режимних спостережень за період з 1943 – 2006 рр.

У роботі були використані матеріали спостережень по гідрологічних постах Ямпіль, Оженін, Деражне, серед яких вибирали значення мінімальних 30-денних витрат води в такій послідовності: в кожному розрахунковому році періоду спостережень виокремлювали повінь (березень-травень), літньо-осінню межень (червень-листопад) та зимову межень (грудень-лютий); у фазах межені для кожного року спостережень знаходили найменші середньомісячні витрати води, які і відповідатимуть значенням мінімальних середніх за 30 днів витрат води.

Проявом можливих циклічних коливань біля середнього значення є наявність внутрірядної зв'язності. Її оцінювали по коефіцієнту автокореляції - $r(1)$, тобто по статистичному показнику, який характеризує тісноту зв'язку між суміжними членами ряду. Цей коефіцієнт розраховували за стандартними формулами математичної статистики. Результати розрахунків наведені в табл. 1.

Таблиця 1.

Значення коефіцієнтів автокореляції $r(1)$ мінімального стоку р. Горинь

Гідрологічні пости	Періоди	
	Літньо-осіння межень	Зимова межень
Ямпіль	0,59	0,72
Оженін	0,70	0,62
Деражне	0,69	0,60

Розглянуті ряди мінімальних витрат, мають значну внутрірядну зв'язність, так як $r(1)$ перевищує 0,4, що можна вважати проявом різноманітних циклів водності [3].

Одним з основних методів вивчення спрямованих змін середнього значення є оцінка трендів середнього значення в часі. Нами була розглянута регресія даних спостережень у часі і визначені коефіцієнти лінійного тренду (α). Він характеризує середню швидкість зміни рівня ряду в інтервалі часу, який розглядається [4].

В результаті нами було виявлено однонаправлене збільшення мінімальних витрат води за період спостережень як для літньо-осінньої, так і для зимової межені (табл. 2). Графічний вираз спрямованих змін мінімальних витрат наведено на рис. 1 та 2.

Таблиця 2.

Значення коефіцієнтів лінійного тренду (α) мінімального стоку р. Горинь, м³/с за рік

Гідрологічні пости	Періоди	
	Літньо-осіння межень	Зимова межень
Ямпіль	+0,055	+0,064
Оженін	+0,193	+0,247
Деражне	+0,240	+0,306

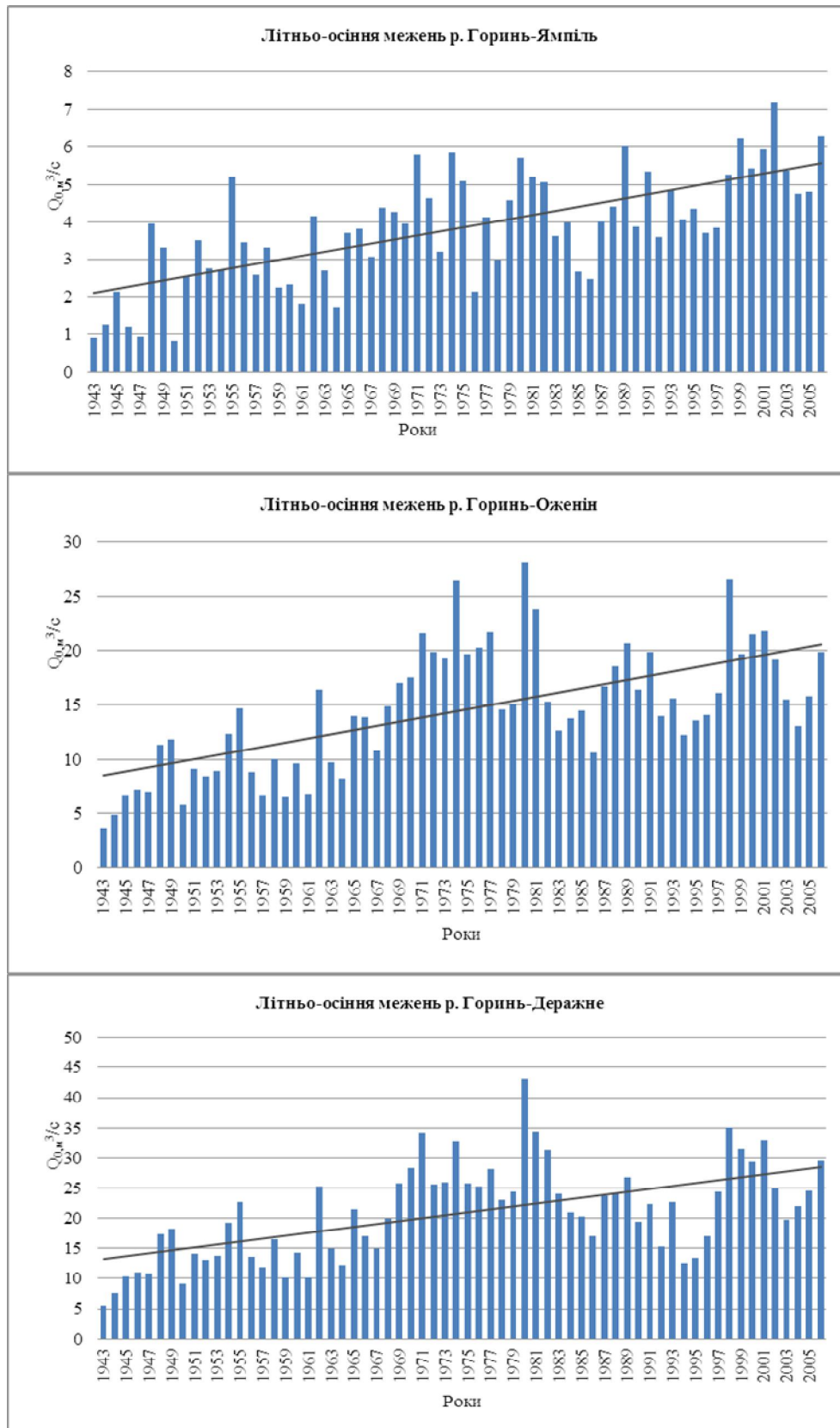


Рис.1. Зміни мінімальних витрат води літньо-осінньої межені за період спостережень у верхів'ї р. Горинь

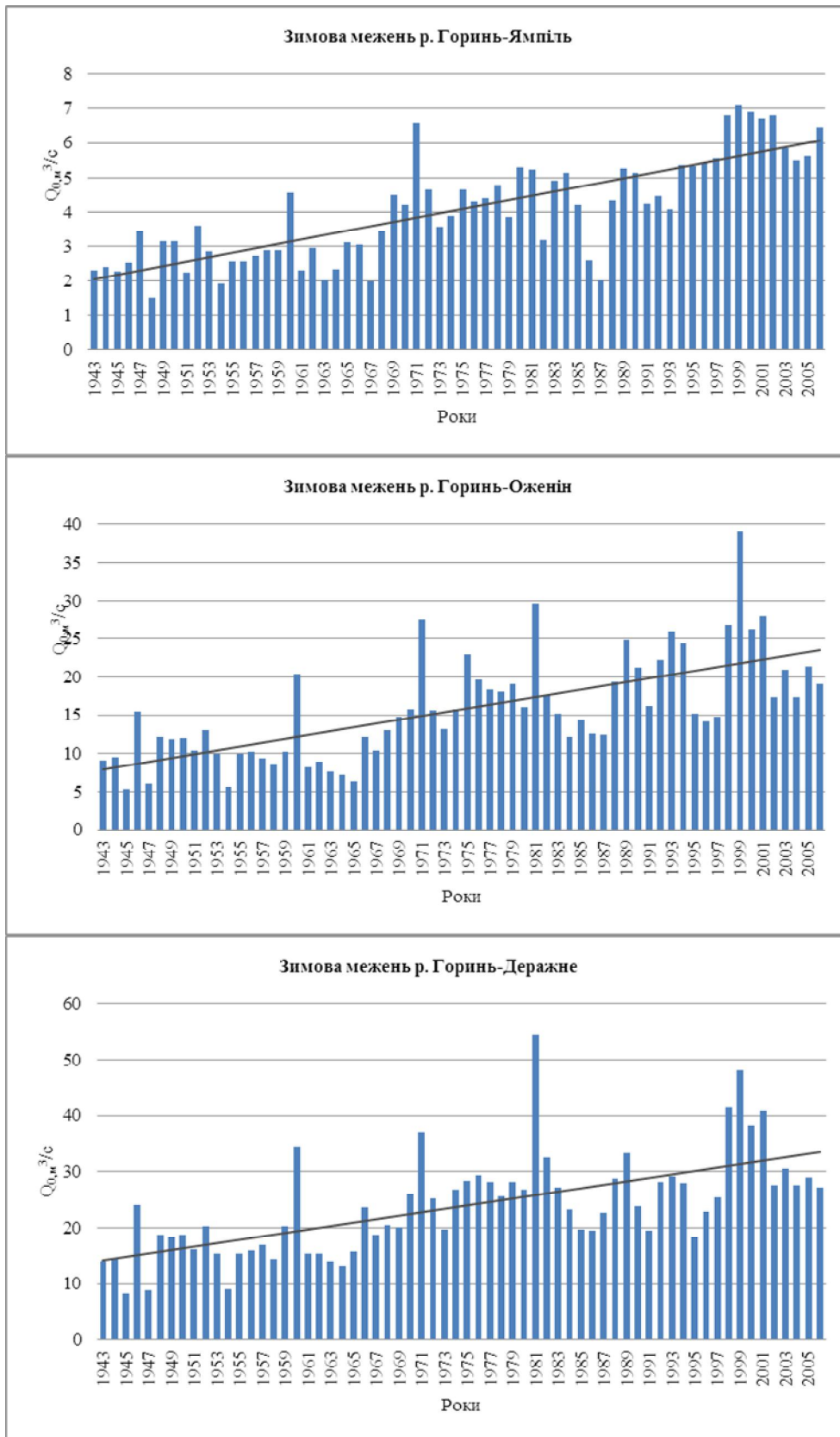


Рис.2. Зміни мінімальних витрат води зимової межні за період спостережень у верхів'ї р. Горинь

Також було визначено відносне збільшення мінімальних витрат від їх середнього багаторічного значення. Воно складало для гідрологічного поста Ямпіль в літньо-осінню межень +1,43 %, а в зимову - +1,56 %. Для постів Оженін та Деражне відповідно: +1,33 % та +1,58 %; +1,15 % та +1,28 %.

Для оцінки статистичної значимості наявності трендів зазвичай розглядається ймовірність нульової гіпотези і ймовірність того, що $\alpha = 0$. В якості умови, при якому нульова гіпотеза відкидається, використовується співвідношення $\alpha / \zeta_{\alpha} \geq 2$, де ζ_{α} - вибіркова мінливість коефіцієнта тренда [5].

Для виявлених трендів (табл. 3) у всіх випадках відношення $\alpha / \zeta_{\alpha} \geq 2$, що говорить про їх статистичну значущість. Таким чином, зростання мінімальних меженних витрат води за період з другої половини ХХ століття по перше десятиліття ХХІ століття включно, можна вважати дійсно виявленим.

Таблиця 3.

Оцінка статистичної значущості виявлених трендів мінімальних витрат

Гідрологічні пости	Періоди	
	Літньо-осіння межень	Зимова межень
Ямпіль	5,5	6,4
Оженін	4,95	5,25
Деражне	4,44	4,94

Зміни гідрологічних характеристик в часі мають квазіциклічний характер, тобто іде послідовна зміна періодів маловодних і багатоводних років. Зазначені цикли мають різну тривалість, ступінь відхилення від середнього значення та чіткість прояву. Ці зміни можна виявити, якщо ряд спостережень буде не менше 50 років. Для виділення наведених вище квазіперіодичних змін доцільно використовувати різницеву інтегральну криву.

Для її побудови попередньо треба визначити статистичні параметри рядів мінімальних витрат води, а саме: середню багаторічну величину цих витрат (Q_0), коефіцієнти варіації (C_v) та асиметрії (C_s). Середні багаторічні значення мінімальних витрат води наведені в табл. 4.

Таблиця 4.

Середні багаторічні значення мінімальних 30-денних витрат води (Q_0 , м³/с), р. Горинь

Гідрологічні пости	Періоди	
	Літньо-осіння межень	Зимова межень
Ямпіль	3,83	4,06
Оженін	14,83	15,76
Деражне	20,89	23,87

Статистичні параметри C_v і C_s були обчислені відповідно до нормативних документів [6] за методом найбільшої правдоподібності та методом моментів. Результати розрахунків наведені в табл. 5.

Таблиця 5.

Значення C_v і C_s мінімальних витрат води літньо-осінньої межені, р. Горинь

Гідрологічні пости	Літньо-осіння межень			
	Метод моментів		Метод найбільшої правдоподібності	
	C_v	C_s	C_v	C_s
Ямпіль	0,41	0,41	0,38	0,06
Оженін	0,39	0,39	0,38	0,38
Деражне	0,38	0,57	0,38	0,25
Гідрологічні пости	Зимова межень			
	Метод моментів		Метод найбільшої правдоподібності	
	C_v	C_s	C_v	C_s
Ямпіль	0,38	1,33	0,37	0,37
Оженін	0,44	1,10	0,38	1,14
Деражне	0,38	1,14	0,44	0,97

Одержані результати говорять, що мінливість мінімального стоку за літньо-осінню та зимову межень фактично є однаковою (в середньому мінімальні витрати змінюються від 37 до 44 % їх середнього багаторічного значення). Асиметричність рядів мінімальних витрат літньо-осінньої межені є меншою, ніж для зимової межені.

Визначення ординат інтегральних кривих мінімальних меженних витрат води виконувались за стандартною методикою, яка викладена в нормативних документах [6], при цьому були використані значення C_v , отримані за методом найбільшої правдоподібності. Результати побудови зазначених кривих наведено на рис. 3 і 4.

Аналіз одержаних різницевоїх інтегральних кривих для літньо-осінньої та зимової межені для трьох гідрологічних постів показує, що з 1943 року спостерігається фаза зменшення мінімального стоку, яка тривала до кінця 60-х – початку 70-х років ХХ століття. Надалі вона змінилася фазою поступового збільшення мінімального стоку, яка продовжується до сьогоденного часу, при цьому з 1993-1996 років спостерігається достатньо стрімке зростання мінімального стоку.

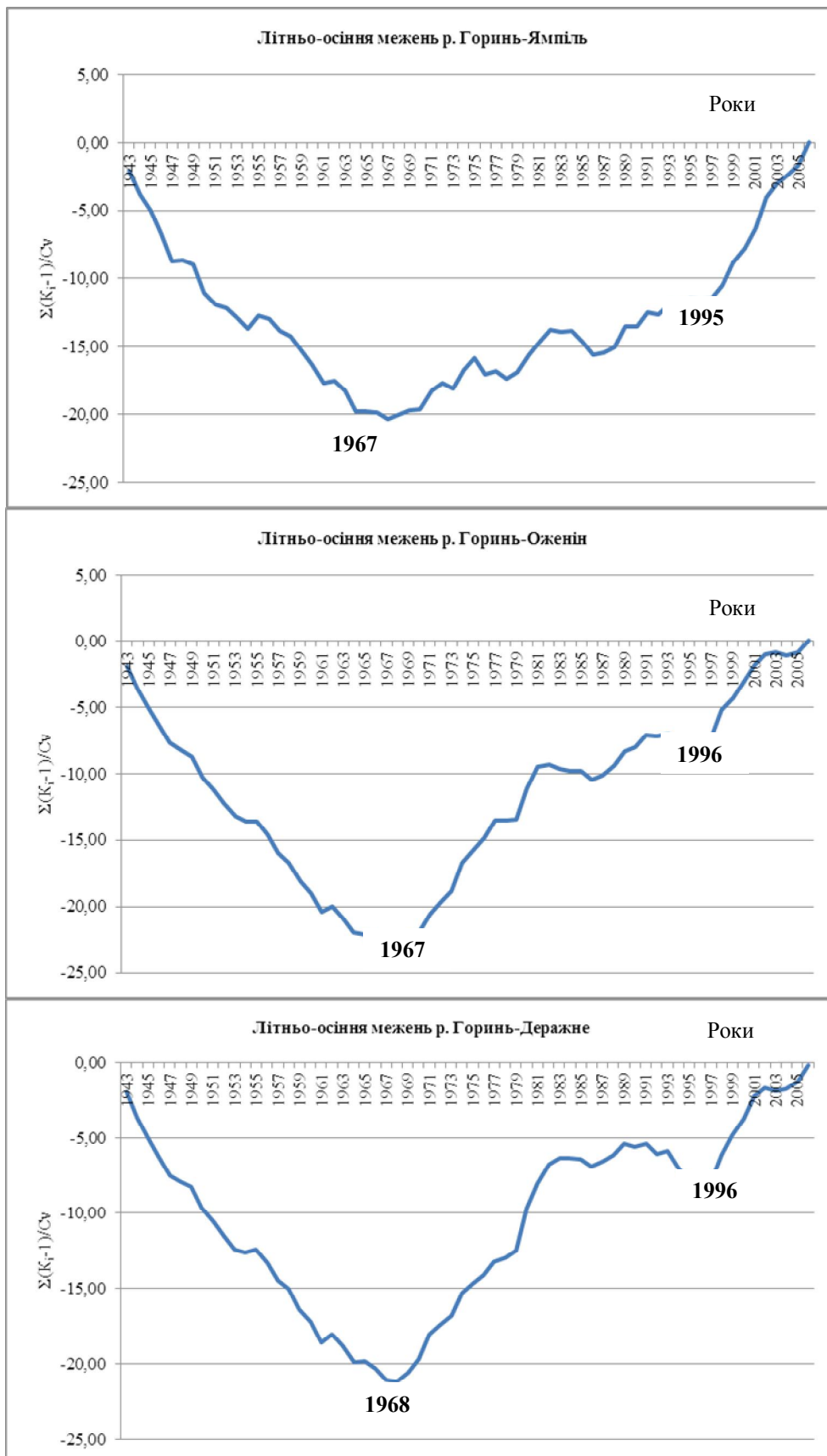


Рис. 3. Різницеви інтегральні криві мінімального стоку літньо-осінньої межени р. Горинь

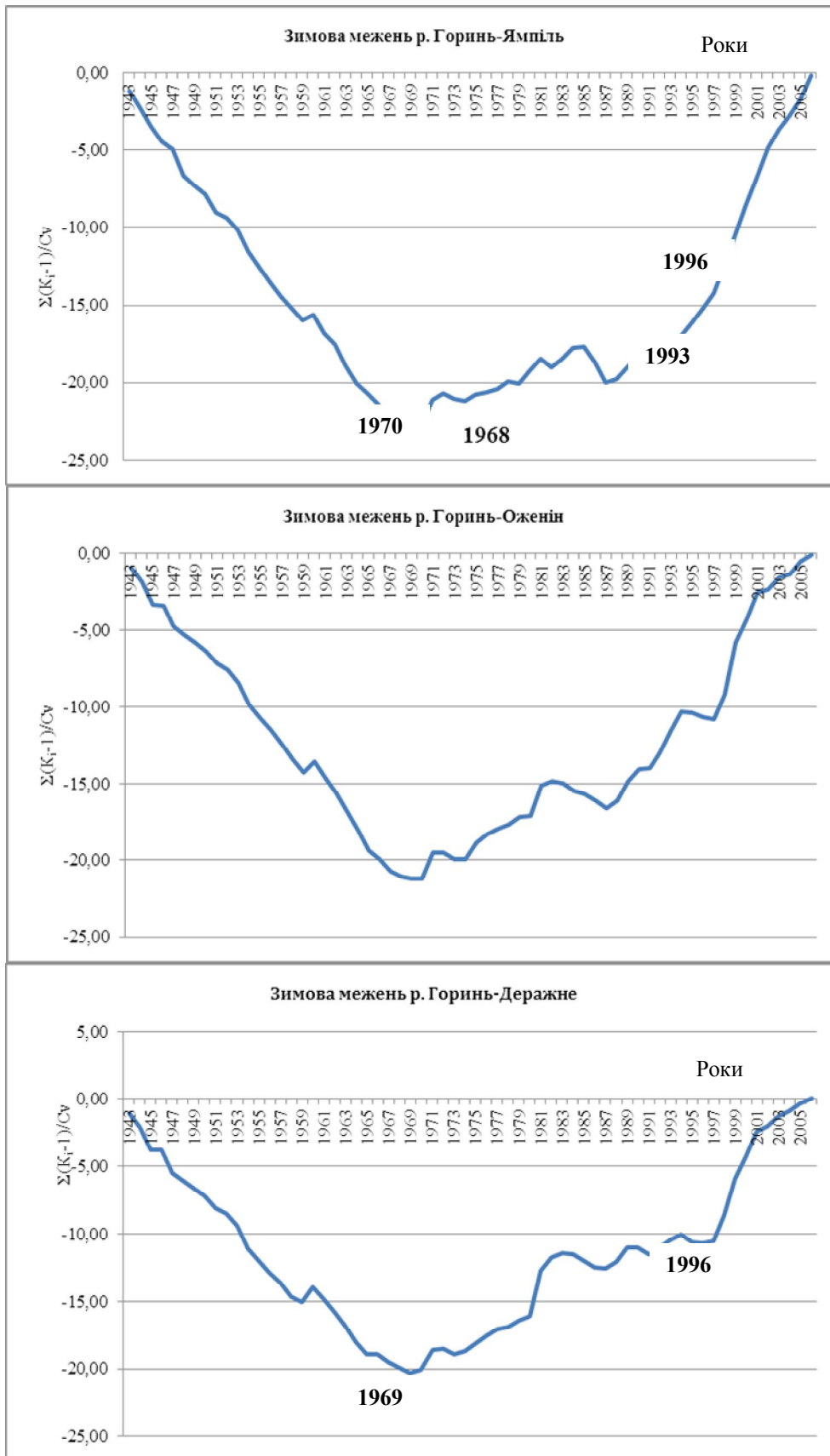


Рис. 4. Різницеви інтегральні криві мінімального стоку зимової межені р. Горинь

В результаті проведених досліджень можна зробити ряд висновків.

Виявлено значну внутрішньорядну зв'язність рядів мінімальних витрат як для літньо-осінньої, так і для зимової межені, що говорить про можливу циклічність підземного живлення як основного фактору формування мінімального стоку. Виявлено, що із збільшенням площі водозбору внутрішньорядна

зв'язність в рядах мінімальних витрат води зростає для літньо-осінньої межені і зменшується для зимової.

За період спостережень як для літньо-осінньої, так і для зимової межені виявлено стійке зростання мінімальних витрат. При цьому виявлено, що мінімальні витрати зимової межені зростають більш інтенсивно, ніж витрати літньо-осінньої межені.

Також виявлено редукцію відносного зростання мінімальних витрат води із збільшенням площі водозбору як для літньо-осінньої, так і для зимової межені.

Всі виявлені тренди мінімальних витрат води є статистично значущими, при цьому відношення коефіцієнтів лінійних трендів до їх вибіркової мінливості є більшими для зимової межені, що говорить про більшу визначеність зростання мінімальних витрат в холодний період року, в порівнянні із теплим періодом.

Виявлено синхронні аперіодичні коливання мінімального стоку як для літньо-осінньої, так і зимової межені. При цьому виявлено два синхронних періоди: зменшення мінімальних витрат із середини 40-х рр. до кінця 60-початку 70-х рр. XX ст.; зростання мінімальних витрат з початку 70-х рр. XX ст. і до сьогодні. Також виявлено момент часу (1993-1996рр.), з якого розпочинається найбільш інтенсивне сучасне зростання мінімальних витрат як для літньо-осінньої, так і зимової межені.

Література

1. Гребінь В. В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) / Гребінь В. В. – К. : Ніка-Центр, 2010. – 316 с.
2. Волчек А. А. Минимальный сток рек Беларуси / А. А. Волчек, О. И. Грядунова – Брест: БрГУ, 2010. – 169 с.
3. Кобышева Н. В. Климатология / Н. В. Кобышева, С. И. Костин, Н. А. Струнников. – Л. : Гидрометеиздат, 1980. – 344 с.
4. Айвазян С. А. Прикладная статистика и основы эконометрики / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян. – М. : ЮНИТИ, 1998. – 1022 с.
5. Мелешко В. П. Насколько наблюдаемое потепления климата России согласуется с расчетами по объединенным моделям общей циркуляции океана и атмосферы? / В. П. Мелешко, В. М. Мирвис, В. А. Говоркова // Метеорология и гидрология. – 2007. - № 10. – С.5-19.
6. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л. : Гидрометеиздат, 1984. – 448 с.

Аннотація О. И. Галик, О. П. Будз, З. З. Бебко *Колебания и изменения минимального стока в верховье р.Горынь. Применены разностные интегральные кривые для выявления циклических колебаний характеристик минимального стока во времени.*

Ключові слова: минимальный сток, разностная интегральная кривая

Abstract. O. Halik, O. Budz, Z. Bebko *The oscillation and minimal flow changes at the head giver Horyn. Applied differencive integral curves for discovered cycled oscillations of the minimal flow in time.*

Keywords: minimal flow, differencive integral curve.

Поступила в редакцию 28.01.2014 г.