

**Явкін В.Г., Мельник А.А.**

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича*

## **ЧИННИКИ ЗМІНИ ПАРАМЕТРІВ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ (НА ПРИКЛАДІ БАСЕЙНУ ДНІСТРА)**

**Ключові слова:** *антропогенний вплив, гідрологічний режим, однорідність*

**Вступ.** Проблема дослідження впливу господарської діяльності на різні характеристики річкового стоку набуває в останні роки все більше значення. Зазвичай, говорячи про екологічний стан водних об'єктів, мають на увазі тільки аспекти забруднення, не приділяючи уваги впливу людини на кількісні характеристики гідрологічного режиму; річний і сезонний стік, рівні води, максимальні і мінімальні витрати води, внутрішньорічний розподіл стоку. Проте, в багатьох випадках антропогенний вплив на гідрологічний режим рік є головною причиною різкого погіршення екологічної ситуації деяких регіонів.

Стає актуальним завдання оцінки змін в екологічній обстановці окремих регіонів в співвідношенні з цілим рядом факторів, серед яких важливе місце займають фактори, що визначають гідрологічний режим поверхневих вод і, особливо, процеси формування гідрографа дощового паводку.

Для успішного ведення водогосподарського і інших видів будівництва необхідні досить точні методи розрахунку максимальних витрат дощових паводків. Від величини останніх залежать розміри водопропускних отворів гідротехнічних споруд, ставків і водосховищ, магістральних каналів осушувальних систем, висота дамб захисту земель і населених пунктів від затоплення і т.д.

**Аналіз попередніх досліджень.** Сьогодні розглядаються методології виявлення розрахункових гідрологічних характеристик з використанням індивідуальної інформації і регіональних залежностей. Велика увага приділяється оцінці випадкових і систематичних похибок. Здійснюються розрахунки максимального дощового стоку для малих водозборів; з використанням тільки регіональних залежностей; властивостей ґрунтів і характеристик дощів [3,8].

Будуються регресійні регіональні моделі розрахунку максимального модуля стоку з використанням гідрографічних характеристик водозборів рік (похибка 25-30% при відсутності даних спостережень) [6]. Найбільш перспективними є формула операторного типу [1].

В попередніх роботах розглянуто особливості формування максимального стоку лівобережних подільських приток Дністра. В пунктах спостережень здійснено розрахунки модулів максимального стоку 1% забезпеченості, включаючи оцінку внутрішньорічної та міжрічної

однорідності рядів спостережень. Оцінено просторові особливості характеристик максимуму цієї території. Співвідношення коефіцієнтів варіації та асиметрії дозволило виправити карти модулів максимальних витрат 1% забезпеченості води при відсутності спостережень [6].

**Викладення основного матеріалу.** Аналіз багатолітніх чи просторових коливань характеристик стоку в сукупності з природними гідрометеорологічними факторами та динамікою розвитку широко використовує статистичні методи для регіональних оцінок антропогенних змін річного, весняного і меженного стоку.

При наявності достатнього ряду спостережень за стоком визначається стаціонарність чи тенденція ряду в режимі стоку за рахунок людської діяльності і наближено оцінюється величина цих змін.

Чим більш складні методи використовуються для оцінки антропогенних змін стоку, тим більший об'єм вхідної інформації потрібний. В залежності від метеорологічних можливостей і поставлених завдань обираються методи оцінки.

При наявності одного вихідного ряду спостережень за стоком оцінка впливу господарської діяльності дозволяє встановити початок можливих антропогенних змін характеристик гідрологічного режиму, хоча по ряду причин це досить важко. По-перше, такі фактори антропогенного впливу, як розорення земель, вирубка лісів, зрошення часто мають місце на водозборах задовго до початку спостережень за стоком, це характерно навіть для рік з найбільшими гідрологічними спостереженнями. По-друге, фактори господарської діяльності можуть по різному впливати на характеристики річкового стоку, зменшуючи чи збільшуючи їх величини. По-третє, навіть інтенсивна господарська діяльність на деяких водозборах може довгий час не впливати на стік в замикаючому створі [11, 12].

Відомі класичні методи прояву тренду під впливом господарської діяльності [12]. Його сучасні інтерпретації розглядаються і для гірських і для рівнинних територій з урахуванням ознак часової циклічності [4, 15, 16].

Вплив господарської діяльності при аналізі багатолітніх рядів спостережень за стоком може бути виявлений за допомогою методу лінійного тренду. Рівняння лінійного тренду часових рядів річкового стоку має вигляд:

$$Y_t = \bar{Y} + \alpha_t(t - \bar{t}), \quad (1)$$

де  $Y_t$  - стік в момент  $t$ ;  $\bar{Y}$  - середній стік за розглянутий період;  $\bar{t}$  - момент часу, що відповідає середньому стоку  $\bar{Y}$ ;  $\alpha_t$  - кутовий коефіцієнт тренду.

Досліджено лінійні часові тренди для багатолітніх рядів спостережень за нормою стоку, профільтовані та різницеві інтегральні криві середньорічних та максимальних витрат води річок в басейні Дністра (рис.1). Аналізуючи ці графіки видно, що метод лінійних трендів ніяк не може служити основою для об'єктивної кількісної оцінки антропогенних змін річкового стоку.

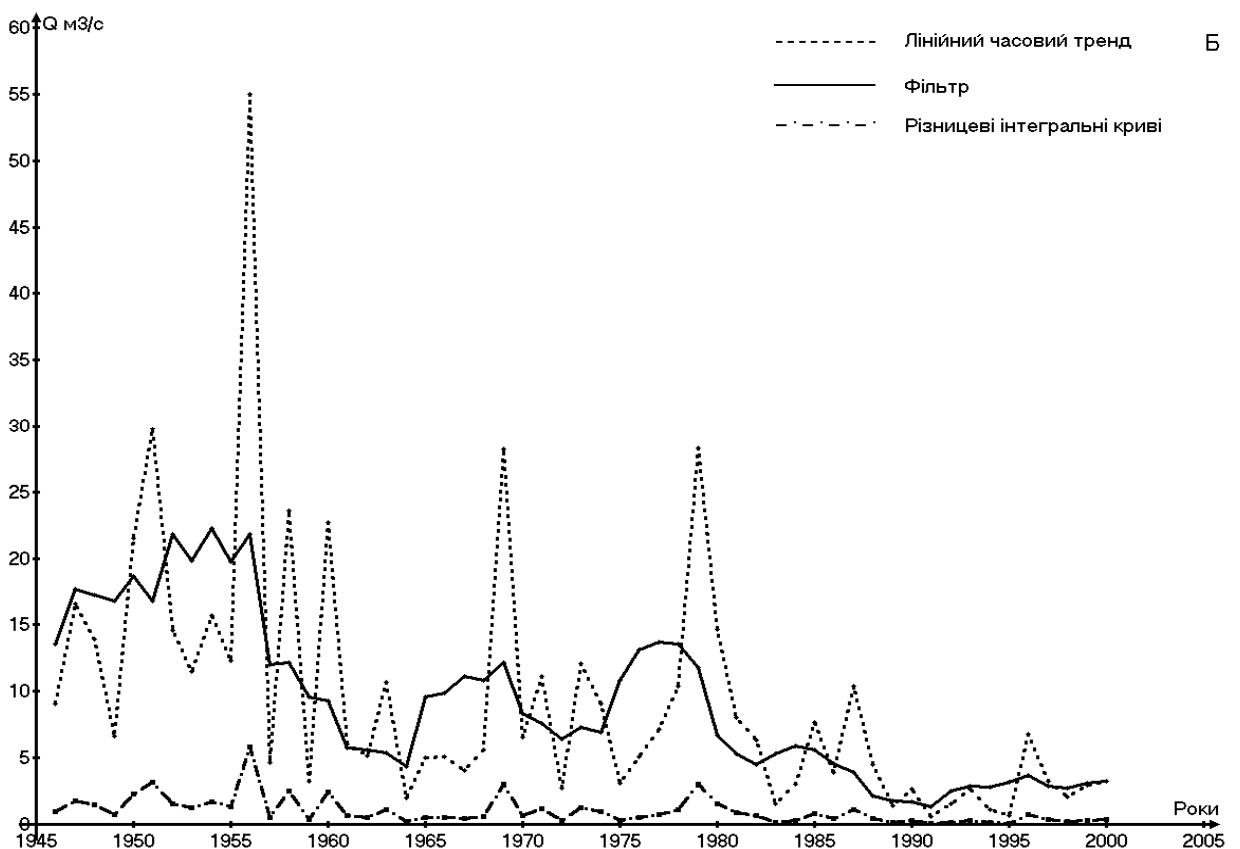
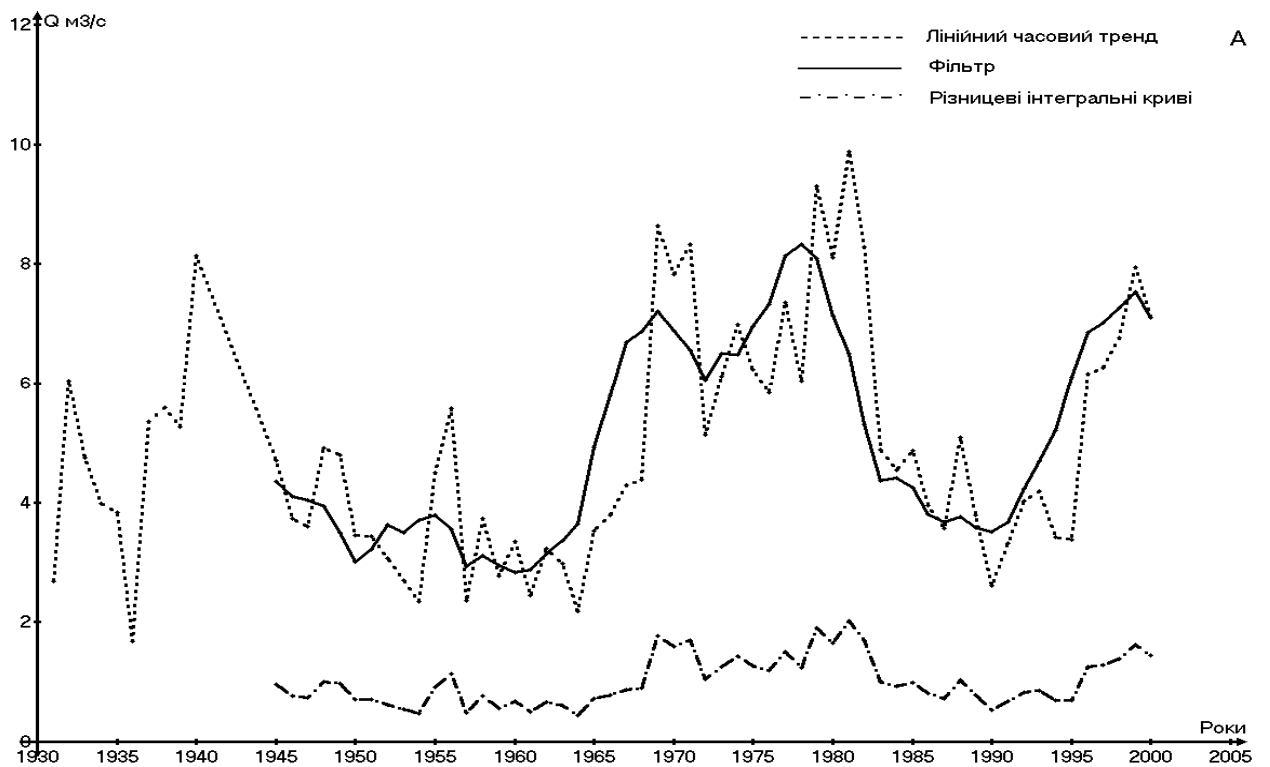


Рис.1. Багатолітній згладжений хід А) середньорічних витрат р.Смотрич-с.Цибулівка, Б) максимальнорічних витрат р.Жванчик-с.Кугайвці

Значення основного параметра тренду  $\alpha_t$ , а відповідно, і висновки, що пропонуються про зміни стоку головним чином залежать від того який

період спостережень розглядається. Метод придатний лише власне для якісного аналізу коливань стоку за багатолітній період, адже навіть відсутність будь-якого тренду в рядах стоку не може з повною достовірністю говорити про те, що його коливання не піддаються впливу господарської діяльності людини.

При наявності ряду спостережень за стоком вдається встановити початок змін антропогенного походження в часових рядах стоку і навіть приблизно оцінити їх величину побудовою інтегральної хронологічної кривої стоку і інтегральних графічних зв'язків стоку і опадів у вигляді:

$$\sum_1^n Y = \psi(t), \quad (2)$$

де  $\sum_1^n Y$  - наростаюча сума значень стоку від початку спостережень за кожен рік. Останнє дозволяє виявити за характером їх злому (зміни кута нахилу до осі абсцис) два періоди: природного режиму стоку та порушеного [12], тобто такого, що формується при направленій зміні умов стокоутворення в басейні.

Для всіх опорних пунктів в 58 басейнах приток Дністра, площі водозборів яких змінюються від 70 до 3170 км<sup>2</sup>, шляхом побудови хронологічних сумарних кривих стоку і графічних зв'язків між інтегральними величинами стоку і опадів вдалось виділити час, коли стокові величини спотворюються руйнуванням природних компонентів басейну.

Для південного макросхилу Поділля період спотворення інтегральної кривої модулів стоку припадає на 1966-1976рр., для решти басейнів приток Дністра - 1973-1979рр. Інтегральні криві опадів показують квазістаціонарну статистичну норму опадів, що випала для періоду переходу від природного до порушеного режиму стоку (рис 2).

Таким чином, суттєве порушення природного режиму почалось після 1960-1970рр. В цей час в Україні високими темпами проводилась меліорація земель. Так, площа осушення в порівнянні з 1960р. збільшилась в 2-5 раз, площа водної поверхні водосховищ і ставків України зросла у 5,2 рази, повний об'єм – у 8,5 разів. Як свідчить аналіз літературних джерел, на даний час штучні водойми регулюють близько 22,5% середньорічного стоку, що формується в межах України [2]. Вказаний період є характерним майже для всієї України, так як він співпадає з різким ростом зрошуваних земель, збільшенням заборів води на потреби населення, промисловості і сільського господарства, будівництвом штучних водойм для регулювання стоку з метою зменшення дефіциту води. Вже до 1960р. площа водного дзеркала ставків і малих водосховищ збільшилась в 2 рази, а їх об'єм, майже в 3 рази в порівнянні з 1950р., а до 1983-1986рр. – в 5-8 раз. Безумовно, що всі ці заходи, в результаті, вплинули на умови формування стоку річок [14].

При наявності одного чи кількох факторів господарської діяльності досить корисним є перевірка ряду спостережень на однорідність із застосуванням статистичних критеріїв однорідності; тим більш вона

необхідна при відсутності інформації щодо масштабів розвитку господарської діяльності на водозборах.

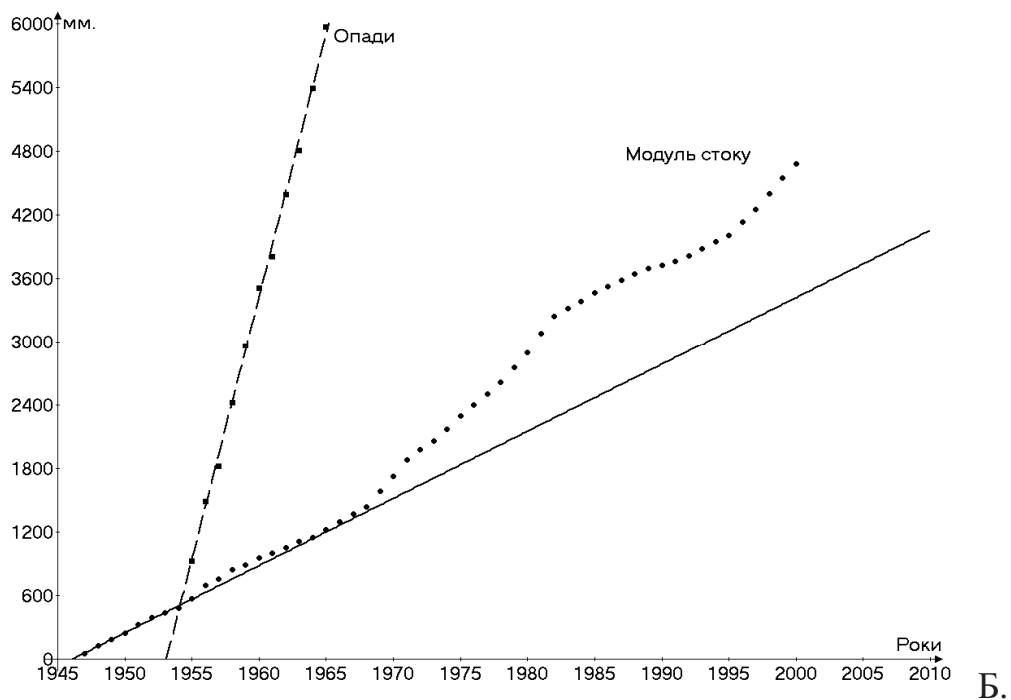
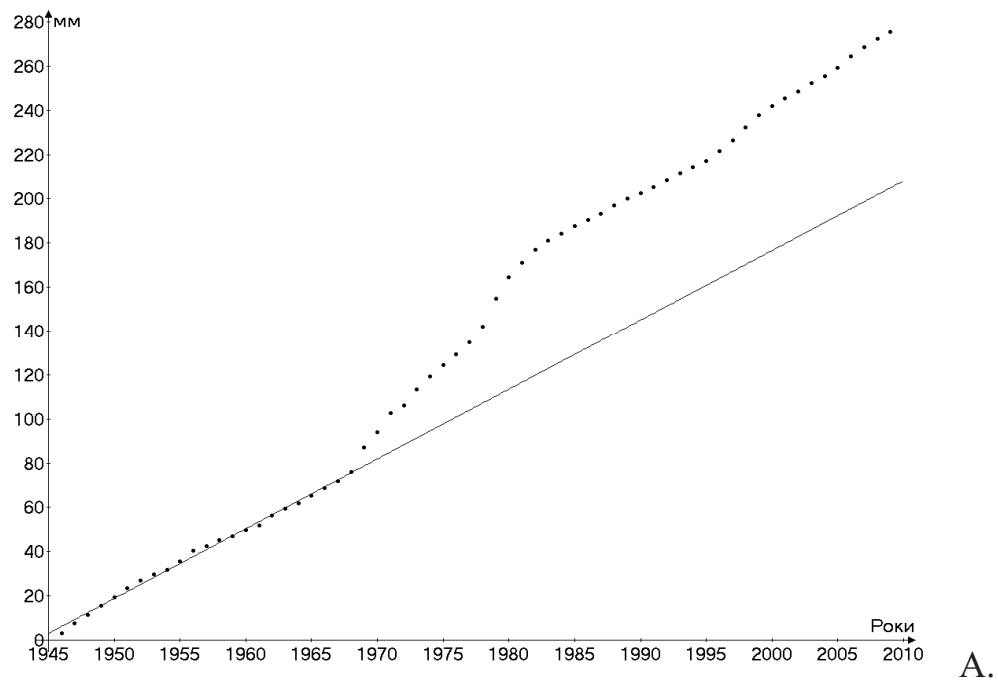


Рис.2. Інтегральні криві модулів стоку та опадів А – р.Ушиця-с.Зіньків, Б – р.Жванчик-с.Кугаївці

Оцінка однорідності рядів гідрометричних спостережень здійснюється на основі генетичного аналізу умов формування річкового стоку шляхом виявлення причин, обумовлюючих неоднорідність вихідних даних спостережень. При необхідності кількісної оцінки однорідності даних спостережень застосовують статистичні критерії однорідності середніх

значень і дисперсій з врахуванням внутрішньорядних і міжрядних кореляційних зв'язків [7, 9, 10].

В роботі використана програма “STATISTIKA”, що дозволило автоматично провести процедуру розрахунку кореляційної матриці та її трансформації. Отримані дані показали, що між рядами даних, виділених двох періодів (І та ІІ), усіх гідрологічних створів існують кореляційні зв'язки, причому, за шкалою Чеддока показник тісноти зв'язку високий у двох випадках – р.Верещиця–м.Комарно (-0,73) і р.Свіж–Букачевці (-0,76), та помітний у п'яти випадках – р.Коропець-с.Коропець (0,55), р.Стрипав-х.Каплинці (0,63), р.Серет-сmt.Велика Березовиця (-0,59), р.Серет-м.Чортків (-0,65), р.Збруч-с.Завалля (-0,52), для решти гідрологічних значень – показник помітний та слабкий. Кращі показники тісноти зв'язку характерні для басейнів Подільських приток Дністра.

При оцінці однорідності гідрологічних рядів досить часто використовуються стандартні параметричні критерії Стюдента (метод  $t$ -випробувань) для встановлення відмінностей середніх значень двох вибірок і критерій Фішера (метод  $F$ -розподілень) для перевірки рівності дисперсій двох вибірок. Використання цих критеріїв потребує довгих рядів вибірок, знань, щодо характеру розподілу випадкових величин, великого об'єму розрахунків.

Найбільш широке застосування для розрахунку однорідності рядів гідрологічних спостережень знаходять так звані непараметричні критерії однорідності. Перевагою їх є те, що вони не потребують передчасного виявлення типу кривої розподілу досліджуваних величин і їх параметрів і можуть застосовуватись та дають гарні результати навіть при коротких вибірках, що дуже важливо для вивчення впливу господарської діяльності на гідрологічний режим. На практиці використовуються різні непараметричні критерії: Колмогорова-Смірнова, статистика Террі, Вількоксона і ін. Найчастіше для оцінки впливу антропогенного навантаження на річний і сезонний стік застосовують ранговий критерій Вількоксона [9,10].

Статистичні критерії однорідності не дозволяють дати кількісну оцінку минулих антропогенних змін стоку – з їх допомогою фіксується прояв та сам час виявлення тренду ряду і початок (в окремих випадках), коли виникла часова неоднорідність виникла. Якщо ряд нестационарний, то цілком ймовірно, що його коливання спричинені господарським впливом людини.

Саме тому, була зроблена спроба оцінити статистичну внутрішньорядну однорідність гідрологічних рядів, тобто виявити чи суттєво відмічаються антропогенні зміни, що відбувалися в басейнах рік в період так званого зламу інтегральної кривої модуля стоку [5]. Розглянуто дані багаторічних середньорічних витрат води 36 гідрологічних постів басейнів приток Дністра, в яких проявляється спотворення інтегральної кривої модулів стоку. В результаті отримано наступні результати: за критерієм Фішера в 33,3% випадків виявлено неоднорідність рядів (25% - для басейнів Подільських приток, 8,3% - для решти басейнів), по критерію Стюдента в 44,4% (36,1% проти 8,3% аналогічно попередньому), за критерієм Вількоксона в 47,2%



(36,1% проти 11,1%), у 19,4% випадків спостерігається абсолютна неоднорідність гідрологічних рядів спостережень (16,6% проти 2,8%). Як видно з аналізу більша внутрішньорядна неоднорідність характерна для Подільських приток Дністра. Існування антропогенного навантаження в даному регіоні досліджень можливо й позначилось на статистичній неоднорідності гідрологічних рядів даних.

Аналіз побудованих інтегральних кривих середньорічних модулів стоку для 55 гідрологічних постів показує, що час спотворення кривої для подільських приток Дністра відрізняється від часу характерного для приток верхів'я Дністра. Так, для першої території це 1968-1969рр. для іншої 1979-1980рр. Визначення часу спотворення інтегральної кривої максимальної річної витрати води показало, що для всієї території досліджень характерним є кілька періодів зламу. Разом з тим, чітко та найбільше виділяються два інтервали часу: 1968-1969 рр. та 1979-1980 рр.

Зроблено спробу визначити кількісні зміни водного режиму, порівнюючи основні його показники за періоди непорушеного (І) і порушеного (ІІ) стоку. Для більшості опорних річок шляхом побудови хронологічних сумарних кривих модулів стоку вдалось визначити коефіцієнти зміни середньорічного модуля стоку та максимальних витрат води (середніх, найбільших, найменших багатолітніх) басейнів приток Дністра. Отримані результати показують, що у 4 з 55 випадків відбувається збільшення багаторічного середньорічного модуля стоку. Щодо максимальних річних витрат, то тут є деякі особливості як збільшення так і зменшення значень по досліджуваній території. Так, в басейнах подільських приток Дністра середнє  $Q_{\max}$  зменшується у 18 випадках проти 4, для решти території у 12 випадках спостерігається збільшення, а в 11 – зменшення показника. Щодо максимального  $Q_{\max}$ , то у 15 випадках спостерігається зменшення проти 8 для території верхів'я Дністра, для подільських приток у 12 випадках зменшується  $Q_{\max}$  проти 10 випадків збільшення. Найменше  $Q_{\max}$  зменшується у 16 гідропостах проти 7 у верхів'ї Дністра, для решти території у 18 випадках зменшення показника проти 4 випадків збільшення.

Збільшення всіх 4 показників спостерігається лише в одному випадку на гідрологічному пості р. Рожанка - с. Ружанка.

Аналіз побудованих інтегральних кривих модулів стоку та максимальних річних витрат води показав, що на 9 гідропостах з 55 виділяється лише один період спотворення кривої 1989-1990рр.

Разом з тим, зміни в гідрологічному режимі можуть бути викликані змінами клімату. Досить важливими та цікавими в цьому напрямку є дослідження в роботі [2]. За його дослідженнями додатні відхилення температури повітря від кліматичної норми в Україні почали проявлятися з 80-х років минулого століття. Але для окремих одиниць ландшафтно-гідрологічного районування межа цього переходу є різною. У північному, західному та центральному регіонах України він відбувся наприкінці 70-х початку 80-х років ХХ століття. Графічний аналіз дає підставу виділити початок періоду сучасного потепління в межах України (1988-1989 рр.).

Важливим аргументом, щодо вибору початку періоду сучасного потепління є те, що він чітко проявляється на значній території. Аналогічні результати було отримано деякими російськими та білоруськими вченими [2].

**Висновки.** Циклічність, в тому числі і багатолітніх максимальних витрат не має ідеальної синусоїдальної форми. Ступінь статистичної неоднорідності ряду (зміна кута нахилу інтегральної кривої стоку) та тренди за багатолітній період, підтверджують певні аномалії в рядах.

На протязі 5-10 років і навіть більше спостерігаються періоди з винятково високою чи низькою природною водністю, які при малому об'ємі вибірки спричиняють статистичну неоднорідність рядів.

Тому, наведений аналіз дозволяє передбачити масштаби можливих антропогенних змін максимального стоку, час виникнення цих змін та визначити відповідні тенденції змін певних параметрів максимальних витрат.

### Список літератури:

1. Гопченко Є. Д. Нормирование характеристик максимального стока весеннего половодья на реках Причерноморской низменности / Є. Д. Гопченко. – К. : КНТ, 2005. – 188 с.
2. Гребінь В. В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) / В. В. Гребінь. – К. : Ніка-Центр, 2010. – 316 с.
3. Денисов В. М. Методика определения максимальных расходов воды и объемов стока дождевых паводков для малых водосборов / В. М. Денисов, А. В. Пак // Метеорология и гидрология. – 2009. – №12. – С. 65-76.
4. Иманов Фарда Али. Многолетние колебания максимального стока горных рек / Иманов Фарда Али, Гасанова Наилья Имран // Уч. записки РГГУ. – 2009. – №9. – С. 40-45.
5. Левыкин Ю. Программа для расчета статистических характеристик, используемых в гидрологии / Ю. Левыкин. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://www.geodigital.ru/soft\\_hydr/StokStat 1.2](http://www.geodigital.ru/soft_hydr/StokStat 1.2).
6. Лобанов В. А. Региональные модели определения характеристик максимального стока в зависимости от гидрографических факторов / В. А. Лобанов, В. Н. Никитин // Метеорология и гидрология. – 2006. – №11. – С. 60-69.
7. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л. : Гидрометеиздат, 1984. – 448 с.
8. Рождественский А. В. Определение расчетных характеристик максимального стока с использованием индивидуальной информации и региональных зависимостей / А. В. Рождественский, В. А. Лобанов // Водные ресурсы. – 2005. – 1. – С. 5-12.
9. Свод правил по проектированию и строительству. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М. : Госстрой России, 2003. – 73 с.
10. Строительные нормы и правила. СНиП 2.01.14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик / Госстрой СССР. – М. : Стройиздат, 1985. – 36 с.
11. Шикломанов И. А. Антропогенные изменения водности рек / И. А. Шикломанов. – Л. : Гидрометеиздат, 1979. – 302 с.
12. Шикломанов И. А. Влияние хозяйственной деятельности на речной сток / И. А. Шикломанов. – Л. : Гидрометеиздат, 1989. – 334 с.
13. Явкін В. Г. Оцінка модулів максимального стоку в басейнах подільських приток Дністра за подовженими рядами спостережень / В. Г. Явкін, А. А. Мельник // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т. 3(24). – С. 50-58.
14. Яцык А. В. Экологические основы рационального водопользования / А. В. Яцык. – К. : Генеза, 1997. – 640 с.
15. Kundzewicz Z.W., Robson A. (2000) Detecting trend and other changes in hydrological data. World Meteorological Organization Report WMO/TD-No 1013, Geneva, May, 2000.
16. Svensson C., Kundzewicz Z.W., Maurer T. (2004) Trends in flood and low flow hydrological time series. WMO/TD-No. 1241, 44 pp.

**Чинники зміни параметрів максимального стоку (на прикладі басейну Дністра)**  
**Явкін В.Г., Мельник А.А.**



*Досліджено лінійні часові тренди для багатолітніх рядів спостережень за нормою стоку, багатолітній згладжений хід середньорічних та максимальних витрат води річок в басейні Дністра, побудовано хронологічні сумарні криві стоку. Розраховано кореляційні матриці та її трансформації, оцінено статистичну внутрішньорядну однорідність гідрологічних рядів, визначено кількісні зміни водного режиму.*

**Ключові слова:** різниці інтегральні криві; гідрологічний режим однорідність.

**Факторы изменения параметров максимального стока (на примере бассейна Днестра)**

**Явкин В.Г., Мельник А.А.**

*Исследованы линейные временные тренды для многолетних рядов наблюдений за нормой стока, многолетний сглаженный ход среднегодовых и максимальных расходов воды рек в бассейне Днестра, построены хронологические суммарные кривые стока. Рассчитаны корреляционные матрицы и ее трансформации, оценено статистическую внутрирядную однородность гидрологических рядов, определены количественные изменения водного режима.*

**Ключевые слова:** разностные интегральные кривые; гидрологический режим; однородность.

**Factors modified maximum flow (for example, the Dniester basin)**

**Yavkin V.G., Melnik A.A.**

*Linear time trends for perennial series of observations of the normal flow, long-adjusted average annual course and maximum water flow of rivers in the basin of the Dniester, built chronological summary curves flow. Calculated the correlation matrix and its transformation, assessed statistical homogeneity vnutrishnoryadnu hydrological series, The quantitative changes of water regime.*

**Keywords:** difference integral curves, the hydrological regime; uniformity.

**Надійшла до редколегії 02.11.2011**

**УДК 556.537**

**Пасічник М.**

*Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича*

## **АНАЛІЗ МІСЦЕВИХ УМОВ РУСЛОФОРМУВАННЯ РІЧКИ ЧЕРЕМОШ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГІС-ІНСТРУМЕНТАРІЮ**

**Ключові слова:** аналізу місцевих умов руслоформування, ГІС-інструментарій, база даних, річка Черемош

**Актуальність.** У руслознавстві широко застосовують уяви та положення про те, що зі змінами характеру долини вздовж течії річки корелюють особливості руслоформування. Поряд із цим впливають крупні допливи, локальні, але потужні джерела надходження наносів, інші чинники. Їх систему можна назвати місцевими чинниками руслоформування. Аналіз їх змін вздовж течії та у часі дає можливість судити про особливості розвитку русел та заплав. Зокрема це стосується і виділення референтних та антропогенних умов.

**Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011. – Т.4(25)**