

Порохівник Т.О., Гребінь В.В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МІЖ ВОДНІСТЮ ТА ЧАСТОТОЮ ПРОХОДЖЕННЯ ПАВОДКІВ НА РІЧКАХ БАСЕЙНУ Р. ЛАТОРИЦЯ

Ключові слова: багаторічні коливання; фази водності; паводки; взаємозв'язок

Постановка проблеми. Проблеми паводкового стоку річок досить часто стають об'єктом дослідження вчених, оскільки паводки вважаються одним з найбільш небезпечних, руйнівних стихійних явищ. Басейн річки Латориці розташований у паводконебезпечному регіоні Українських Карпат. Місцеві особливості рельєфу, геологічної будови, клімату сприяють проходженню високих паводків значної руйнівної дії [1]. Визначення частоти проходження таких паводків та встановлення її зв'язку з коливаннями водності є надзвичайно актуальною проблемою, особливо для річок транскордонних басейнів.

Найбільші за період спостережень паводки в басейні р. Латориця спостерігалися в грудні 1947 р., грудні 1957 р., травні 1970 р., липні 1980 р., грудні 1993 р., листопаді 1998 р., березні 2001 р. та в березні 2008р [8]. Дослідження обумовлене посиленою паводковою активністю та значними коливання водності річок басейну Латориці протягом останніх десятиріч.

Статистичні методи досліджень максимального стоку посідають в гідрології провідне місце. Вони дозволяють описати на кількісному рівні режим проходження високих паводків, дати ймовірносний прогноз їх просторово-часових змін залежно від коливання фаз водності. В той же час, ці методи не пояснюють умов формування паводкового стоку, не встановлюють часу настання вказаних явищ і є достатньо надійними лише для об'єктів, що забезпечені великим об'ємом гідрометеорологічної інформації.

Мета роботи. Дана робота є результатом вивчення особливостей паводкового режиму р. Латориця. Основним завданням проведеного дослідження стала оцінка багаторічних коливань стоку річок басейну Латориці, а також пошук взаємозв'язків частоти проходження паводків певної забезпеченості з фазами водності.

Аналіз попередніх досліджень. Детальний аналіз досліджень коливань стоку річок Українських Карпат, зокрема параметрів їх максимального стоку, виконано у роботі [8].

З останніх публікацій слід відзначити роботи вчених Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту – М. М.Сусідка, О. І. Лук'янець, Н. В. Приймаченко [3, 6], присвячені питанням прогнозування весняного стоку карпатських річок та дослідженню умов

формування дощових паводків на річках регіону, та Київського національного університету імені Тараса Шевченка – роботу С. В. Мельника по дослідженню часових рядів стоку карпатських приток Дністра [4]; статтю В. В.Гребеня, Є. В.Василенко та Ю. О.Чорноморець [2] по аналізу особливостей внутрішньорічного розподілу стоку води та завислих наносів річок Українських Карпат.

Вихідні матеріали. Будь-які процедури, пов'язані з встановленням зв'язку, виявленням взаємодії, часовим розподілом, визначаються характером вихідної інформації. При виконанні роботи було використано матеріали спостережень Гідрометслужби України, опубліковані у гідрологічних щорічниках та довідниках «Основні гідрологічні характеристики» за період з 1947 по 2008 роки, на річках басейну Латориці.

Методика дослідження. Аналіз змін річкового стоку за тривалі періоди спостережень показує наявність постійних коливань стоку води за роками. Коливання стоку в часі проявляються у формі послідовної зміни багатоводних і маловодних груп років. Ці групи утворюють цикли водності різного розмаху її коливань. Достатньо ефективним апаратом для аналізу циклічної структури багаторічних коливань стоку є різницеві інтегральні криві, які враховують коливання стоку за окремі відносно короткі проміжки часу. Різницева інтегральна крива будується шляхом додавання відхилень модульних коефіцієнтів від середнього, тобто їх ординати обраховуються за формулою:

$$F(t) = \sum_1^t (K_i - 1). \quad (1)$$

Таким чином, ординати кривої дають на кінець кожного K_i -того року нестачу суми відхилень річних модульних коефіцієнтів від норми (середнього багаторічного значення).

Максимальні витрати води відносяться до категорії найбільш складних для дослідження і узагальнення гідрологічних явищ. Це пов'язано з тим, що паводки мають стихійний характер, тобто проходять нерегулярно і досить швидко [5].

Для опису проходження паводків вивчають кліматичні (температура повітря; тривалість та інтенсивність опадів, а також їх величина; запаси вологи в ґрунті та ін.), орографічні (характер підстильної поверхні, її похили; експозиція схилів), гідрологічні (максимальні строкові та середньодобові рівні, витрати води і її характеристики), антропогенні (розораність території басейну; вирубка лісів; забудова) фактори. Сукупність цих факторів формує величину стоку, яка є стохастичною характеристикою. У дослідженнях випадкових величин застосовують статистичні методи розрахунку, які базуються на основі теорії ймовірності.

Для розрахунків ймовірності перевищення максимальних витрат води паводків було застосовано емпіричну функцію розподілу, як випадкову вибірку з генеральної сукупності. Для сформованої вибірки, розташованої у спадному порядку, визначають забезпеченість за формулою:

$$P = \frac{m}{N} \cdot 100\%, \quad (2)$$

де m порядковий номер члена ряду, N - загальна кількість членів ряду.

Основою, яка дозволяє використовувати статистичні зв'язки для розрахунку та прогнозу гідрологічного режиму є прийняття гіпотези сталості (або стаціонарності) комплексу умов, що обумовлюють ці зв'язки. При вивченні статистичних зв'язків між гідрологічними змінними застосовують так звані кореляційні зв'язки. Вони представляють собою зв'язки між визначеним фіксованим значенням однієї величини (аргументу) і відповідним їй умовним значенням іншої (функції). Зв'язки парної кореляції полягають у встановленні ймовірнісних залежностей між двома змінними, що характерно для нашого випадку, які у даному процесі зв'язані як причина і наслідок, або є наслідком загальної причини.

Параметри часу і простору є тісною ланкою, що пов'язує змінні, але вони не враховуються у процесі побудови зв'язку. У результаті цього одна змінна (Y) виражається в залежності від іншої (X).

Вказані зв'язки виражаються у формі кореляційних рівнянь або рівнянь регресії. Парна кореляція відображає лише лінійну залежність величин, але не відображає їх функціональної зв'язаності [5]. Для встановлення залежності між середніми річними витратами води та максимальними річними витратами води для басейну річки Латориці по чотирьох обраних гідрологічних постах за весь період спостережень, та по фазам водності для кожного поста зокрема, було застосовано метод парної кореляції та визначено рівняння регресії (табл. 1).

Таблиця 1 Зв'язок між середніми максимальними витратами води ($Q_{\max p}$) та середніми річними витратами води ($Q_{\text{сер.р}}$) багаторічними період

Річка – пост	Коеф. парної кореляції, (r)	Тип зв'язку	Рівняння регресії
р. Латориця – с.Підполоззя	0,51	Слабкий	$Q_{\max p} = 15,764Q_{\text{сер.р}} + 38,079$
р. Латориця – м.Мукачеве	0,47	Слабкий	$Q_{\max p} = 17,595Q_{\text{сер.р}} + 53,612$
р.Віча – с.Неліпине	0,33	Практично відсутній	$Q_{\max p} = 9,156 Q_{\text{сер.р}} + 24,30$
р.Стара – с.Зняцеве	0,63	Задовільний	$Q_{\max p} = 7,74Q_{\text{сер.р}} + 11,876$

Гідрологічні явища, як правило, обумовлені досить великою кількістю факторів, повне врахування яких практично неможливо і, в більшості випадків, недоцільно. Тому, при встановленні причинно-наслідкових зв'язків в аналіз включають ті фактори, які на підставі фізичних міркувань про закономірності та особливості утворення певних явищ, можуть розглядатися, як головні. Вони обумовлюють основний внесок у процеси формування гідрологічних характеристик [5]. Головні фактори визначають основний вид зв'язку, а менш впливові утворюють поле розсіювання.

Основні результати дослідження. В результаті проведеного дослідження, було отримано досить низькі значення коефіцієнтів парної кореляції (r) за весь період спостережень (табл.1). Розділивши період спостережень за фазами водності, та провівши відповідні обчислення для кожної фази окремо, було встановлено, що статистичні зв'язки між середніми та максимальними річними витратами води в багатоводні фази є значно вищими. Так, для г/п р.Латориця – м. Мукачеве коефіцієнт парної кореляції (r) складає 0,58; г/п р.Латориця – с. Підполоззя $r=0,68$; г/п р. Стара – с. Зняцеве $r=0,77$. Для маловодних груп років (маловодні фази) зв'язок слабшає. Перш за все це слід пояснити тим, що проходження витрат малої ймовірності перевищення не завжди відповідає загальному розподілу по фазам, тобто і в маловодні роки можуть проходити дуже високі паводки, але частота їх повторення, як правило, буде меншою. Крім того, для гірських регіонів паводкові витрати не значно впливають на середньорічні витрати води, оскільки паводкові періоди в середині року можуть чергуватися з низькими меженними періодами [7].

З метою виділення з ряду спостережень саме паводкового стоку було сформовано вибірку максимальних річних витрат води та дат їх проходження. Ряд значень було перетворено таким чином, щоб його члени розташовувалися в спадному порядку. Розподіл паводків за генетичними ознаками на дощові та сніго-дощові не виконувався, але було розраховано взаємозв'язок між середніми багаторічними максимальними та середніми річними витратами води по сезонах (теплий/ холодний). Наступним етапом стало обчислення ймовірності перевищення та виділення кількісного значення максимальних витрат води 50% забезпеченості. Всі добові пікові витрати, більші за 50% вважалися паводковими. Таким чином виділено 51 паводок 50% ймовірності перевищення для р. Латориця –с.Підполоззя, 49 для р. Латориця – м.Мукачеве, 43 для р.Віча – с.Неліпине, 39 паводків для р.Стара – с.Зняцеве. Аналогічні обчислення проводилися для паводків ймовірністю перевищення 10

При аналізі розподілу високих паводків за багаторічний період використано виділені фази та цикли коливальності водності за різницею інтегральними кривими, побудованими для гідрологічних постів річок басейну Латориці (рис. 1, 2).

Відповідно до фаз водності було обчислено кількість випадків проходження високих паводків з ймовірністю перевищення максимальних витрат 50 %, та найвищих – ймовірністю перевищення 10%. Таким чином встановлено закономірності проходження паводків в залежності від фаз водності (табл. 2). Методика подібних досліджень наведена у роботі [8].

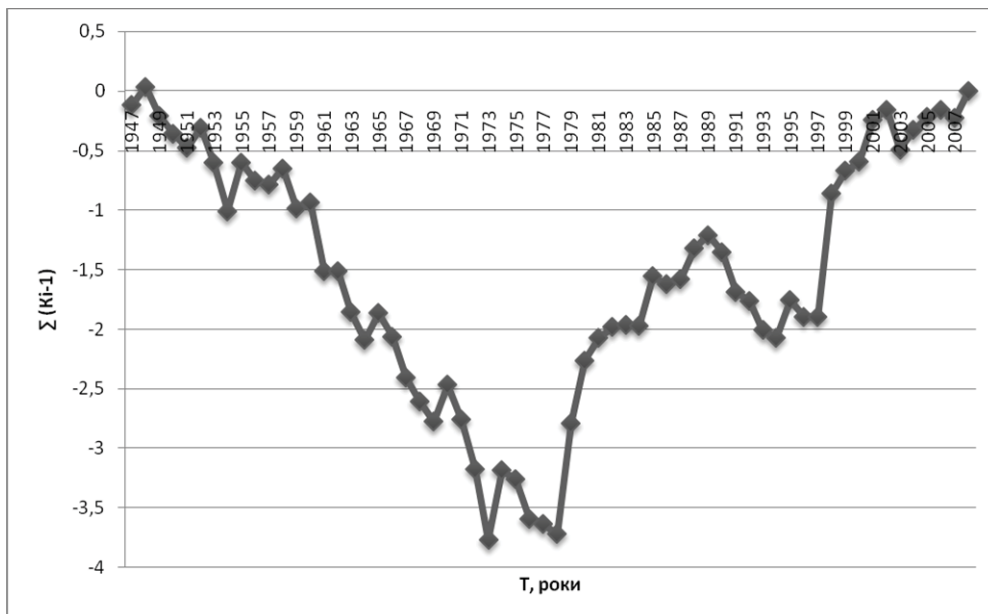


Рис. 1 Різницева інтегральна крива коливань середніх річних витрат води р.Латориця – м. Мукачеве

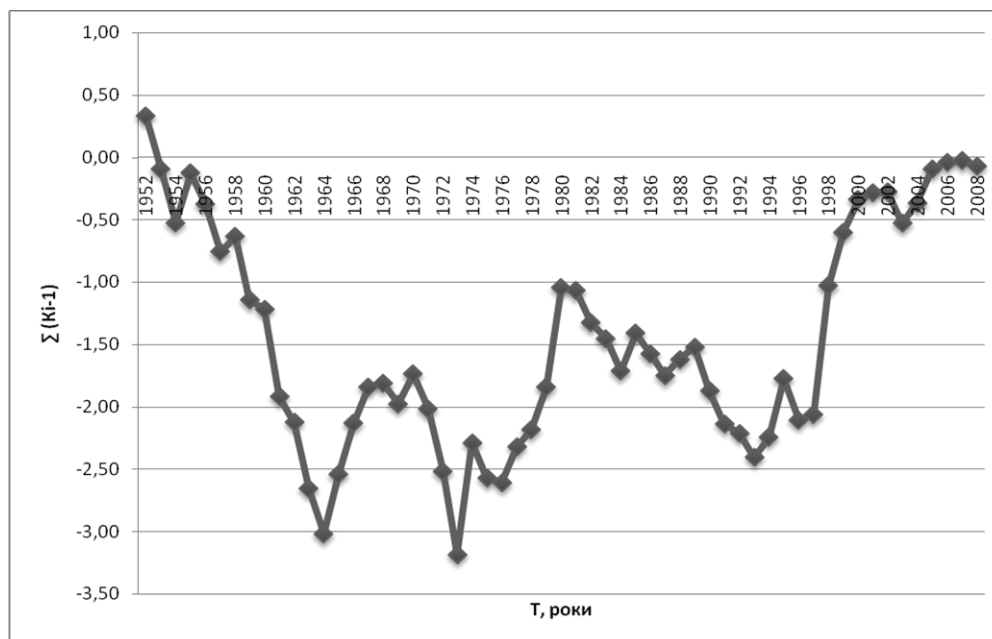


Рис. 2 Різницева інтегральна крива коливань середніх річних витрат води р.Стара – с. Зняцєве

Проаналізувавши зведену таблицю результатів розподілу максимальних витрат води паводків різної забезпеченості, слід зазначити, що для басейну річки Латориця слід очікувати один паводок із забезпеченістю максимальних витрат 50 % раз на 2 маловодні роки поспіль та 1 паводок такої забезпеченості щорічно для багатоводних періодів (табл.3).

Отже, проходження паводків з ймовірністю перевищення максимальних витрат 50%, в багатоводні періоди збільшується вдвічі в порівнянні з маловодними періодами.

Таблиця 2. Розподіл паводків певної ймовірності перевищення за фазами водності для річок басейну р. Латориця

Річка - пост	Період, роки	Водність періоду*	Модульний коефіцієнт (Кі) періоду	Кількість паводків з ймовірністю перевищення:	
				50%	10%
р. Латориця – с. Підполоззя	1947-2008	±	1,00	51	7
	1947-1964 1983-2002	–	0,85	26	5
	1965-1982 2003-2008	+	1,15	25	2
р. Латориця – м. Мукачеве	1947-2008	±	1,00	49	8
	1947-1978 1990-1997	–	0,90	27	2
	1979-1989 1998-2008	+	1,10	22	6
р Віча – с. Неліпине	1958-2008	±	1,00	43	5
	1958-1973 1990-1993	–	0,89	10	0
	1974-1989 1994-2008	+	1,11	42	5
р. Стара – с. Зняцеве	1952-2008	±	1,00	39	6
	1952-1973 1981-1993	–	0,87	19	2
	1974-1980 1994-2008	+	1,13	20	4
Середнє по басейну:		±	1,00	45	7
		–	0,88	20	2
		+	1,12	27	4

* (+) - багатоводний період ; (–) - маловодний період; (±) - повний цикл

Найвищі паводки з ймовірністю перевищення 10% спостерігаються рідше, в середньому, один раз на 17 років для маловодних періодів, та один раз на 7 років – для багатоводних. Найбільша повторюваність паводків з ймовірністю перевищення 10 %, серед досліджуваних річок, спостерігається на гідрологічному посту р. Латориця – м. Мукачеве (1 раз на 4 роки в багатоводну фазу). В періоди маловоддя, високі паводки спостерігаються значно рідше, або взагалі відсутні.

Висновки. В результаті виконаної роботи було вивчено особливості часового розподілу максимального стоку річок басейну р. Латориця. Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити наступні висновки:

1. Паводки в басейні річки Латориці - це звичні для цієї території явища. Вони зумовлюються самим положенням гірських хребтів відносно шляхів переміщення повітряних мас та ландшафтними особливостями річкових водозборів, а також господарською діяльністю людини. Розорювання ґрунтів, забудова заплави, вирубка лісів - ці процеси є характерними для водозбору даної річки.

Таблиця 3. Розподіл повторюваності паводків певної ймовірності перевищення за фазами водності річок басейну р. Латориця

Річка – пост	Період, роки	Тривалість періоду, роки	Водність періоду*	Повторюваність паводків ймовірністю перевищення:	
				50%	10%
1	2	3	4	5	6
р.Латориця–с.Підполоззя	1947-2008	62	±	1 на рік	1 на 8 років
	1947-1964 1983-2002	38	–	≤1 на рік	1 на 8 років
	1965-1982 2003-2008	24	+	≤1 на рік	1 на 12 років
р.Латориця–м. Мукачеве	1947-2008	62	±	≤1 на рік	1 на 8 років
	1947-1978 1990-1997	40	–	≤1 на рік	1 на 20 років
	1979-1989 1998-2008	22	+	1 на рік	1 на 4 роки
р Віча – с. Неліпине	1958-2008	51	±	≤ 1 на рік	1 на 10 років
	1958-1973 1990-1993	20	–	≤ 1 на рік	не спостерігалось
	1974-1989 1994-2008	31	+	≥1 на рік	1 на 6 років
р. Стара - с. Зняцєве	1952-2008	57	±	≤ 1 на рік	1 на 10 років
	1952-1973 1981-1993	35	–	≤ 1 на рік	1 на 18 років
	1974-1980 1994-2008	22	+	≤ 1 на рік	1 на 6 років
Середнє по басейну:			±	≤ 1 на рік	1 на 9 років
			–	≤ 1 на рік	1 на 17 років
			+	≥1 на рік	1 на 7 років

Примітка. (+) - багатоводний період ; (–) - маловодний період; (±) - повний цикл

2. Для басейну р. Латориця існує деяка закономірність у чергуванні багатоводних та маловодних періодів. Перший (за період спостережень) маловодний період тривав від початку спостережень до 1973 р. для р. Стара та р.Віча, до 1964 року для р. Латориця поблизу с. Підполоззя, а поблизу м.Мукачеве до 1978 року. Наступна багатоводна фаза мала різну тривалість (від 10 років для р. Латориця – м. Мукачеве до 17 років для р. Латориця – с. Підполоззя). Маловодна фаза почалася в 1990 р для р. Латориця – м. Мукачеве та р. Віча – с. Неліпине; для інших розглянутих постів - на початку вісімдесятих років. Відповідно, після закінчення маловоддя на всіх постах настає багатоводний період, який триває до цього часу.

3. Аналізуючи кореляційні зв'язки, слід зазначити, що для всіх чотирьох постів залежність між середніми та максимальними річними витратами води є слабкою. Але, розглядаючи зазначену залежність окремо для маловодних та багатоводних фаз, було уточнено, що коефіцієнт парної кореляції для багатоводних фаз попадає в область задовільних значень, а для маловодних фаз зв'язок слабшає. Це пояснюється тим, що під час багатоводних періодів загальна водність року визначається з урахуванням об'єму найбільшого за рік паводку.

4. Для басейну річки Латориці проходження паводків із забезпеченістю максимальних витрат 50%, залежить від фази водності: в багатоводні періоди ймовірність проходження збільшується вдвічі в порівнянні з маловодними. Найвищі паводки, з ймовірністю перевищення максимальних витрат води 10% спостерігаються рідше, в середньому один раз на 17 років для маловодних періодів, та один раз на 7 років – для багатоводних. В багатоводні періоди ймовірність паводків також майже удвічі більше, ніж в маловодні.

Список літератури.

1. Гідрометеорологічні умови басейну Чорної Тиси та їх вивчення / [Ободовський О. Г., Сніжко С. І., Гребінь В. В. та ін.] ; за ред. Ободовського О.Г. – К. : ВГЛ «Обрії», 2005. – 112 с.; 2. *Гребінь В. В.* Залежність внутрішньорічного розподілу стоку завислих наносів від фази водності (на прикладі річок Українських Карпат) / Гребінь В. В., Василенко Є. В., Чорноморець Ю. О. // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2006. – Т. 10. – С. 49-58; 3. *Лук'янець О. І.* Довготермінове прогнозування весняного стоку з гірського водозбору на засадах поступового уточнення / О. І. Лук'янець, М. М. Сусідко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2006. – Т. 9. – С. 55-66; 4. *Мельник С. В.* Аналіз часових рядів стоку карпатських приток Дністра / С. В. Мельник // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2007. – Т. 12. – С. 83-92; 5. Методичні вказівки до виконання практичних робіт із дисципліни «Математичні методи в гідрометеорології» для студентів географічного факультету / упоряд. О. І. Лук'янець. – К. : ВПЦ «Київський університет», 2010. – 60 с.; 6. *Приймаченко Н. В.* Залежність максимального стоку дощових паводків у басейні Дністра від орографічних та гідрометеорологічних умов / Н. В. Приймаченко // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2006. – Т. 9. – С. 71-77; 7. Ресурси поверхневих вод ССРСР. Том 6. Україна и Молдавия. Вып. 1. Западная Украина и Молдавия / [под ред. М.С. Каганера]. – Л. : Гидрометеоздат, 1969. – 884 с.; 8. *Чорноморець Ю.О.* Аналіз внутрірічного та багаторічного розподілу максимальних витрат води річок Українських Карпат / Ю. О.Чорноморець, В. В. Гребінь // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2005. – Т. 7. – С. 196-207.

Взаємозв'язку між водністю та частотою проходження паводків на річках басейну р. Латориця

Порохівник Т.О., Гребінь В.В.

Проведено аналіз закономірностей чергування фаз водності на річках басейну. Досліджено взаємозв'язок між середніми та максимальними річними витратами води. Визначена ймовірність проходження паводків певної забезпеченості на річках басейну залежно від фази водності.

Ключові слова: багаторічні коливання; фази водності; паводки; взаємозв'язок

Взаимосвязь между водностью и частотой прохождения паводков на реках бассейна р. Латорицы

Пороховник Т.А., Гребень В.В.

Проведен анализ закономерностей чередования фаз водности на реках бассейна. Исследована взаимосвязь между средними и максимальными годовыми расходами воды. Определена вероятность прохождения паводков определенной обеспеченности на реках бассейна в зависимости от фазы водности.

Ключевые слова: многолетние колебания; фазы водности; паводки; взаимосвязь.

Research of the correlations between water content fluctuations and frequency of floods occurring in Latorica basin

Porokhivnyk T.O., Grebin' V.V.

The analysis of regularities of water content phases alternation at research rivers was done. Correlations between mean and maximum annual water discharge was studied. Expectancy of floods occurring of definite probability in Latorica basin rivers in dependancy of water content phase was determined.

Keywords: long-term fluctuations, water content phases, floods, correlation

Надійшла до редколегії 22.11.2011

УДК 556.537:627.152(122)

Розлач З. В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ВЕРТИКАЛЬНИХ РУСЛОВИХ ДЕФОРМАЦІЙ

Ключові слова: русло річки, вертикальні деформації, ерозія, акумуляція, морфодинамічні параметри, методика оцінки руслових деформацій

Актуальність дослідження. Еволюція будь-якого природного русла супроводжується постійним його перетворенням, змінами – деформацією. На сучасному етапі будь-яка взаємодія з річковими системами потребує детального врахування розвитку руслових процесів й відповідно руслових деформацій на них. Саме з розвитком вертикальних руслових деформацій пов'язано формування поздовжніх профілів річок загалом. Не дивлячись на досить незначні темпи, вертикальні деформації складають загальний фон для розвитку інших видів руслових деформацій, обумовлюють формування типів русла [1]. Очевидно, їх оцінка та аналіз є вкрай важливим завданням руслознавства.

Огляд передуючих робіт. Існує ряд методів, які визначають інтенсивність та спрямованість вертикальних руслових деформацій. До таких відноситься блок гідрологічних методів, серед яких аналіз кривих $Q = f(H)$ – зв'язок рівнів за відповідних витрат води зіставлених за різні роки, аналіз кривих відповідних рівнів води за різні роки, розрахунки балансу наносів за багаторічний період. Крім цих методів спрямованість та темпи розвитку вертикальних руслових деформацій визначають за допомогою суміщення поперечних перерізів русла, а також суміщенням поздовжніх профілів конкретних ділянок русла [2-7].

Найбільше практичне застосування з огляду на оцінку вертикальних деформацій русла отримали криві витрат $Q = f(H)$ (рис. 1). Зміщення кривих зв'язку вгору або вниз дозволяє стверджувати, відповідно, про накопичення алювію та підвищення дна річки або його розмив та пониження поверхні дна. Даний метод спирається на матеріали регулярних спостережень за рівнями та витратами води на гідрологічних постах. Оскільки в більшості випадків гідрологічні пости розташовуються на прямолінійних, відносно звужених,