

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут
Кафедра гідрології суші

Бакалаврська кваліфікаційна робота

на тему: Визначення характеристик максимального стоку дощових паводків
теплого періоду річок басейну Західного Бугу в межах України

Виконав студент 3-го року навчання
групи МСГ-18
спеціальності 103 «Науки про Землю»
Костик Вячеслав Русланович

Керівник канд. геогр. наук, ст.викладач
Тодорова Олена Іванівна

Консультант

Рецензент канд. геогр. наук, доцент
Прокоф'єв Олег Милославович

Одеса 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Гідрометеорологічний інститут

Кафедра Гідрології суші

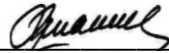
Рівень вищої освіти бакалавр

Спеціальність 103 Науки про Землю

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри гідрології суші



д-р геогр. наук, проф. Шакірманова Ж.Р.

“27” квітня 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Костику Вячеславу Руслановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Визначення характеристик максимального стоку дощових паводків теплового періоду річок басейну Західного Бугу в межах України
керівник роботи Тодорова Олена Іванівна, канд. геогр. наук, ст. викладач

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “17” квітня 2020 року № 40 «с»

2. Строк подання студентом роботи 30 травня 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи основні гідрографічні характеристики водозборів річок басейну Західного Бугу в межах України, дані гідрометеорологічних спостережень за витратами води та шарами стоку (з початку спостережень по 2015 р.).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз фізико-географічних умов формування дощових паводків для річок басейну Західного Бугу в межах України – географічного положення, рельєфу, ґрунтового і рослинного покриву, особливості кліматичних умов, характеристик водного режиму, гідрометеорологічної вивченості території. Оцінка однорідності в рядах максимального стоку дощових паводків теплового періоду. Методи визначення статистичних параметрів та статистична обробка вихідних рядів максимальних витрат води та шарів паводочного стоку. Визначення основних характеристик максимального стоку дощових паводків теплового періоду.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Карто-схеми географічного положення річок басейну Західного Бугу в межах України, ґрунтів, рослинності, розташування гідрологічних постів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 27 квітня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Вступ	27.04-03.05.2020	60	задовільно
2	Коротка фізико-географічна характеристика річок басейну Західного Бугу в межах України	04.05-07.05.2020	60	задовільно
3	Статистична обробка вихідної інформації по максимальному стоку дощових паводків теплого періоду річок басейну Західного Бугу в межах України	08.05-11.05.2020	75	добре
	Рубіжна атестація	11.05-16.05.2020		
4	Визначення характеристик максимального стоку дощових паводків теплого періоду річок басейну Західного Бугу в межах України	11.05-16.05.2020	65	задовільно
5	Висновки	17.05-18.05.2020	60	задовільно
	Оформлення роботи	19.05-21.05.2020		
	Перевірка на плагіат, підписання авторського договору	31.05.2020		
	Підготовка доповіді, презентації			
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		64	задовільно

Студент

(підпис)

Костик В.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Тодорова О.І.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

	С.
Вступ	5
1 Коротка фізико-географічна характеристика річок басейну Західного Бугу в межах України	6
1.1 Географічне положення і рельєф	6
1.2 Ґрунти і рослинність	8
1.3 Карст.....	10
1.4 Клімат.....	11
1.5 Водний режим річок басейну Західного Бугу в межах України ...	11
2 Статистична обробка вихідної інформації по максимальному стоку дощових паводків теплого періоду річок басейну Західного Бугу в межах України	13
2.1 Аналіз однорідності в рядах максимального стоку дощових паводків теплого періоду	13
2.2 Дослідження трендів та циклічності в рядах максимального стоку дощових паводків теплого періоду	15
2.3 Статистична обробка часових рядів максимальних витрат води та шарів паводочного стоку	21
3 Визначення характеристик максимального стоку дощових паводків теплого періоду річок басейну Західного Бугу в межах України.....	31
3.1 Розрахунок максимальних витрат води заданої ймовірності перевищення	31
3.2 Розрахунок шарів паводочного стоку заданої ймовірності перевищення	34
Висновки	36
Перелік джерел посилання.....	37

ВСТУП

Актуальність теми. Згідно вимог Водної Паводкової Директиви ЄС, яка передбачає визначення зон можливого затоплення при проходженні дощових паводків. Враховуючи це, необхідно визначити максимальний стік річок, особливо рідкої ймовірності перевищення.

Вихідні дані. Основні гідрографічні характеристики водозборів річок, дані гідрометеорологічних спостережень за максимальними витратами води та шарами стоку дощових паводків теплого періоду для річок басейну Західного Бугу в межах України

Метою дослідження є визначення характеристик максимального стоку паводків теплого періоду для річок басейну Західного Бугу в межах України

Об'єкт дослідження. Річки басейну Західного Бугу в межах України

Методи дослідження. Розрахункові параметри визначаються із застосуванням статистичних методів аналізу матеріалів спостережень.

У *першому розділі* наведена фізико-географічна характеристика досліджуваної території.

Другий розділ присвячений оцінці однорідності вихідної інформації по максимальному стоку дощових паводків теплого періоду, дослідженням трендам та циклічності та представлені методи за якими була проведена статистична обробка вихідної інформації по максимальному стоку дощових паводків теплого періоду для річок басейну Західного Бугу в межах України.

У *третьому розділі* роботи представлені розрахунки максимальних витрат води та шарів паводочного стоку заданої ймовірності перевищення для річок басейну Західного Бугу в межах України.

1 Коротка фізико-географічна характеристика річок басейну Західного Бугу в межах України

1.1 Географічне положення і рельєф

Західний Буг - річка в Східній Європі, на території України, Білорусі та Польщі. Із загальної довжини річки, що становить 772 км, в межах України знаходиться 401 км, площа її водозбірного басейну - 73470 км².

Західний Буг бере початок з Подільської височини в межах Західної України. Спочатку він тече в західному напрямку, але незабаром повертає на північ. Протікає повз Бреста по східній околиці Люблінської височини і далі по Підляшшю, впадаючи у Варшави в Нарив, недалеко від його впадіння у Віслу (рис. 1.1) [1].



Рисунок 1.1 – Карта-схема фізико-географічного положення басейну річки Західний Буг [2]

Басейн річки Західного Бугу розташований в межах південно-західної частини Руської платформи в Карпатських гірських спорудах. На платформі велике поширення мають верхньокрейдяні відкладення, що залягають під трансгресивними схилами різного віку (від палеозою до нижньої крейди) і оголюються в долинах лівих приток Дністра і в долині Західного Бугу.

Вони представлені сеноманськими глауконітовими пісковиками з мергелястим цементом, вапняковими пісковиками, глауконітовими мергелями з фосфоритовими жовнами і галькою кременю, вапняками, туринського вапняками зі стягненнями кременів, мергелями і вапняками.

Верхньокрейдяні відкладення представлені мергелями, аргілітами, вапняками і пісковиками пухової свити.

Третинні відкладення мають найбільше поширення, вони беруть участь у будові сучасного рельєфу. Річка Західний Буг на північ від м. Белз входить в межі Волинської височини - скульптурної височини, сучасний рельєф який відображає в пом'якшеному вигляді більш древній рельєф, що сформувався в результаті інтенсивних резюмував, що захопили підняту поверхню верхньокрейдяних порід і повністю знищили імовірно існував тут покрив теоретичних порід.

Льодовикові морено-валунні і водно льодовикові піщані і суглинні відкладення згладили нерівності стародавнього рельєфу. На північ від Волинської височини долина Західного Бугу протікає в межах Поліської низовини, де виділяють наступні рівнини:

- з малопотужним четвертинним покривом і денудаційним останцями;
- морені рівнини;
- морено-зандрові рівнини з потужним четвертинним покривом.

Рельєф у досліджуваному регіоні складний і різноманітний. Його представляють відмінні за генезою височини, западини та низькогір'я, які розчленовані річковими долинами [1].

1.2 Ґрунти і рослинність

У ґрунтово-кліматичному відношенні описувана територія поділяється на рівнинну і гірську - Карпатську. До рівнинної території відноситься наступна зона: 1. Західне Полісся у складі Волинського (зниженого) Полісся в межах басейнів Західного Бугу, Прип'яті та Малого (піднесеного) Полісся в межах басейнів Західного Бугу та Сяну;

У Західному Поліссі поширені наступні породи: морени алюмосилікатні, флювіогляціальне відкладення, алювіальне відкладення, еолові піщані відкладення, елювій і делювій крейдяних мергелів, карбонатні породи. Найбільш поширеними є алювіальні породи.

Ґрунтовий покрив у регіоні різноманітний, що зумовлено приналежністю досліджуваної території до різних фізико-географічних зон. Тут зустрічаються майже всі типи ґрунтів, які властиві для широколистяної зони. У рівнинних лісо лучних ландшафтах переважають дерново-підзолисті, дернові та болотні ґрунти.

Рослинність. Один з основних факторів, від яких залежить гідрологічний режим території, наряду з кліматичними, ґрунтові – геологічними та геоморфологічними є рослинність.

Рослинність кількісно і якісно перерозподіляє опади та сильно змінює гідрологічний режим території. Географічне положення, ґрунтово-кліматичні умови, висотний розподіл досліджуваної території сприяли формуванню багатого та різноманітного рослинного покриву.

Для території характерні такі типи рослинності – лісовий, лучний, степовий, болотний та водний [1].

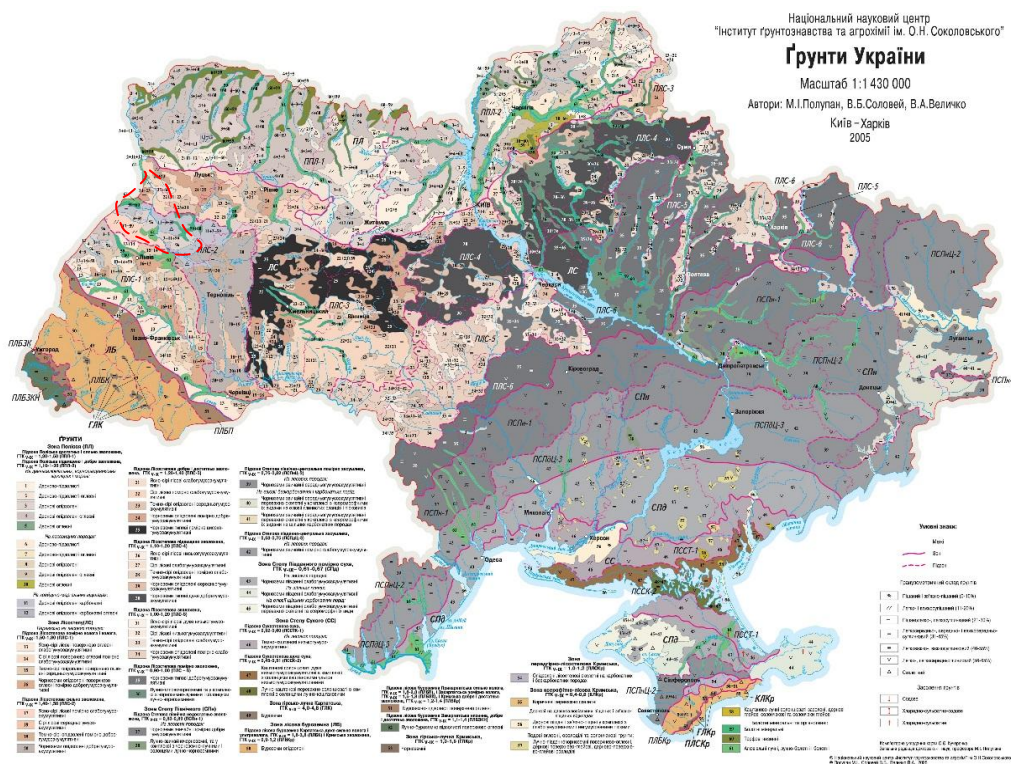


Рисунок 1.2 – Карта-схема ґрунтового покриття басейну річки Західний Буг

[2]

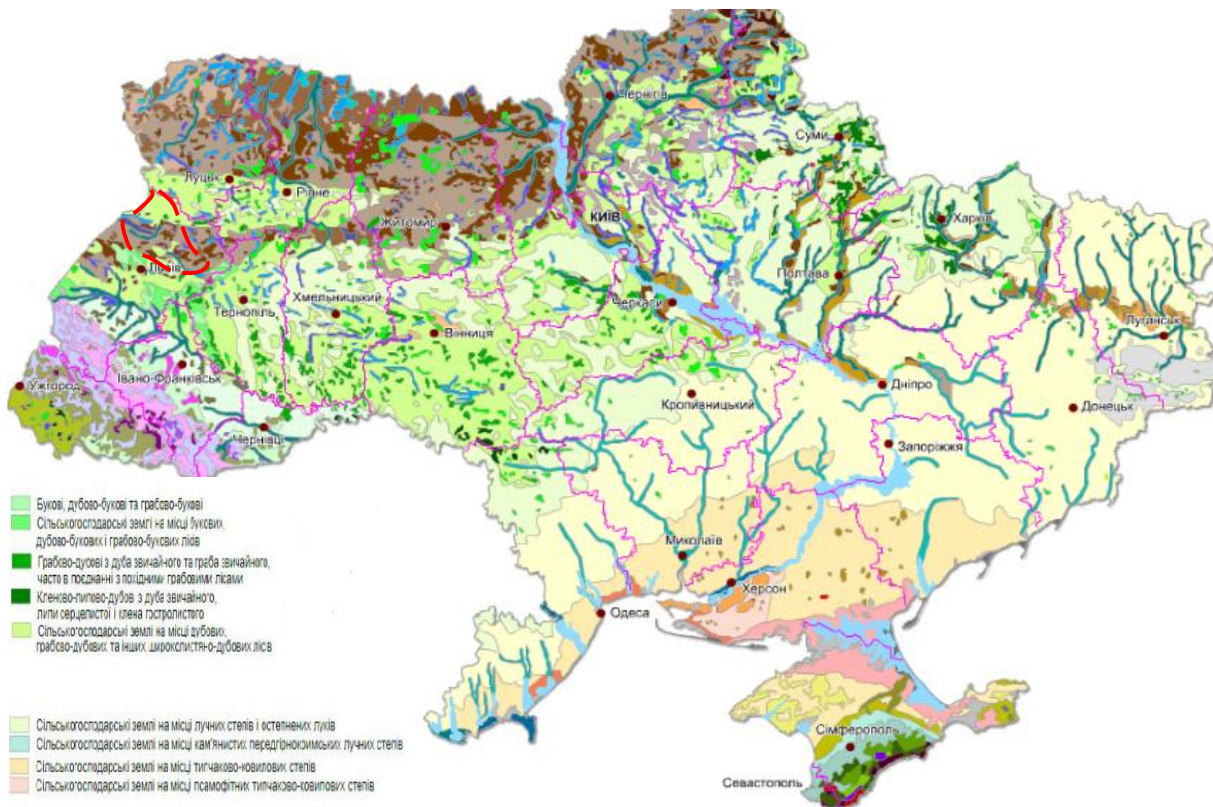


Рисунок 1.3 - Карта – схема рослинності басейну річки Західний Буг [2]

1.3 Карст

Карстові явища в гірських та рівнинних ландшафтах описуваної території відрізняються або широким розвитком на порівняно великих площах, або майже непомітним розміщенням окремих форм в долинній і ерозійної мережі.

Крайня нерівномірність поширення явищ на величезних просторах пояснюється рядом причин. До їх числа відноситься насамперед часта обмеженість розмірів площ виходів карсту порід на денну поверхню або під малопотужний шар пухких покривних відкладень, місцями значне розчленування рельєфу на цих виходах, покривних відкладень при малій глибині ерозійних вирізів, відносне збільшення кількості нерозчинного осаду в пластах і пачках карстуючих карбонатних порід [1].

Прибузький район включає верхню частину басейну р. Західного Бугу, розташовану в області поширення мело-мергельних відкладень верхньої крейди.

Як і в Поліссі, нерівна, місцями закарстована поверхня крейдяних відкладень перекрита пухкими молодими накопиченнями. Нерівномірний розвиток тріщинуватості і пов'язаного з нею обводнення підтверджується виявленням в придолинному зоні р. Західного Бугу слабо обводнених ділянок поряд з сильно обводненими зонами.

Існування третинного поглинання стоку в днищах річкових долин або фільтрації річкових долин або фільтрації річкових вод в тріщинуваті породи через водопроникний алювій, одно і підживлення річок тріщини-карстовими водами пояснює відмінності в показаннях стоку, отриманих експедицією УкрНІГМІ в 1967 р.

Ці дані вказують, що водність Західного Бугу значна в верхів'ях і знижена вздовж течії річки на північ [1].

1.4 Клімат

Регіон досліджень розташований у зоні впливу континентальних і атлантичних повітряних мас помірних широт і характеризується Атлантико - континентальним кліматом, що має перехідний характер: від помірно теплого вологого Західно-Європейського до континентального Східно-Європейського.

Характерними його рисами є значна кількість опадів (більше 550 мм за рік), помірні річні амплітуди температур повітря, що не перевищують 24°, м'яка зима (середня температура – 3,5° -5°) з частими відлигами і нестійким сніговим покривом, помірно - тепле літо з достатньою кількістю опадів під час вегетаційного періоду, без стійких посух і суховіїв [3].

Замерзає Західний Буг в самім кінці грудня, а викривається тільки в середині березня. Термічний режим залежить від радіаційних факторів та властивостей повітряних потоків, які надходять на дану територію; особисту роль відіграють підстильна поверхня, рослинність та сніговий покрив.

В холодний період року значну роль відіграють циркуляційні процеси. В результаті циркуляції відбувається часта зміна повітряних мас, внаслідок чого температура холодного сезону відрізняється більшою нестійкістю. В літній період циклонна діяльність затухає, температура становиться більш стійка. Головну роль грає місцева трансформація повітряних мас.

1.5 Водний режим річок басейну Західного Бугу в межах України

Природні умови і в першу чергу клімат, рельєф, геологічна будова і гідрологічні особливості зумовили основні риси гідрологічної мережі на території Західної України і Польщі. Західний Буг - є однією з найбільш

великих річок. За умовами живлення відповідно з кліматичними особливостями розрізняють три основні групи річок: річки височин з високою весняною повінню і серією літніх дощових паводків; рівнинні степові річки, що характеризуються високою хвилею весняного водопілля і невеликим стоком в іншу частину року. Великих природних озер мало; зосереджені вони головним чином у межиріччі Західного Бугу. Значне поширення мають штучні озера - водосховища та ставка.

2 Статистична обробка вихідної інформації по максимальному стоку дощових паводків теплового періоду річок басейну Західного Бугу в межах України

2.1 Аналіз однорідності в рядах максимального стоку дощових паводків теплового періоду

У випадках, коли у розпорядженні дослідника є порівняно короткі ряди спостережень, найчастіше використовується критерій Стюдента. Але за його допомогою оцінюється однорідність рядів, котрі характеризуються досить близькими значеннями дисперсій. Сам же критерій записується вигляді [4]

$$t = \frac{\bar{y} - \bar{x}}{\sqrt{n_x \sigma_x^2 + n_y \sigma_y^2}} \sqrt{\frac{n_x n_y (n_x + n_y - 2)}{n_x + n_y}}, \quad (2.1)$$

де \bar{y} і \bar{x} – середні значення двох рядів, що аналізуються на однорідність; σ_x^2 ; σ_y^2 – дисперсії вихідних рядів; $n_x; n_y$ – тривалість порівнюваних рядів.

Критерій t підкоряється розподілу Стюдента з числом степенів вільності $k = n_x + n_y - 2$. За нульову гіпотезу приймається умова, що $\bar{y} = \bar{x}$. Критична область статистики Стюдента при $q\%$ є рівні значущості з областю великих абсолютних значень, тобто $|t| > t_{q, k}$.

Для перевірки гіпотези однорідності дисперсій частіше за все використовується критерій Фішера F [5]

$$F = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_y^2}, \quad (2.2)$$

де σ_x^2 і σ_y^2 – дисперсії досліджуваних рядів.

У чисельнику використовується більше значення дисперсії з двох досліджуваних рядів. Функція Фішера залежить від числа ступенів вільності $k_1 = n_x - 1$ і $k_2 = n_y - 1$, де n_x і n_y – тривалість досліджуваних рядів.

Використання критеріїв однорідності у гідрологічних розрахунках зазвичай стосується різних частин одного і того ж ряду. Перевірці у такий спосіб повинні підлягати доволі тривалі ряди (бажано не менше 40 членів).

Уїлкоксон [5,6] запропонував непараметричний метод перевірки гіпотез однорідності, що дозволяє здійснювати перевірку залежних вибірок у тих випадках, коли дані вимірювань попарно взаємопов'язані. Надалі цей критерій був удосконалений Манном й Уїтні і є одним із рекомендованих у нормативних документах для оцінки однорідності стокових рядів.

Для аналізу були залучені всі дані постів, а результати наведені в таблицях 2.1 та 2.2 та діаграмах (рис.2.1, 2.2).

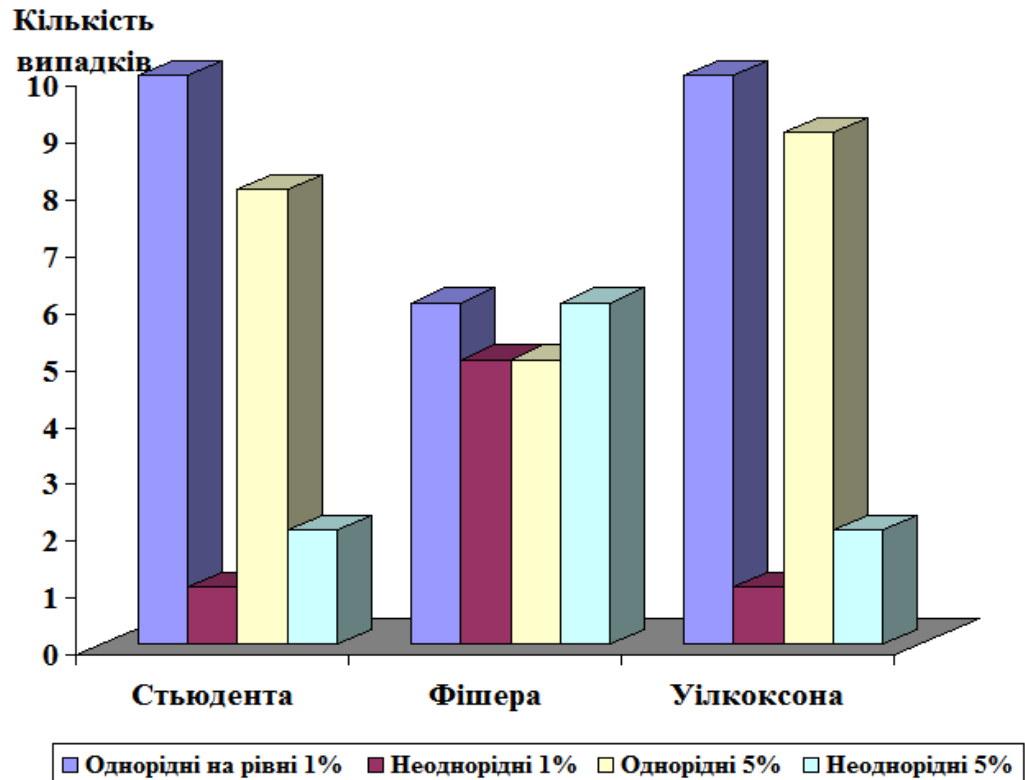


Рисунок 2.1 – Графік однорідності по максимальним витратам води

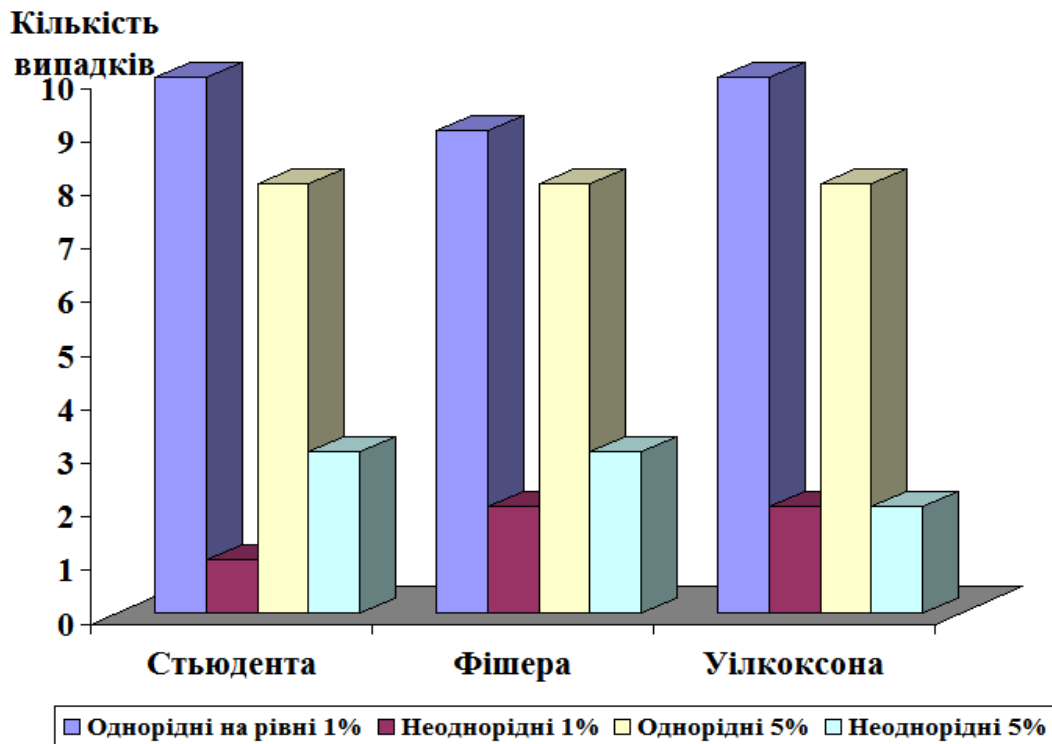


Рисунок 2.2 – Графік однорідності по шарам паводочного стоку

2.2 Дослідження трендів та циклічності в рядах максимального стоку дощових паводків теплого періоду

Для дослідження трендів були побудовані хронологічні графіки зв'язку $Y_m = f(t)$ і $Q_m = f(t)$, за допомогою яких можна встановити характер і тенденції у багаторічних коливаннях шарів стоку і витрат води.

Всі часові ряди які були досліджені по критерію $r > 2\sigma_r$, де

$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-1}}$ – середня квадратична похибка розрахунку коефіцієнта

кореляції, n – число років спостережень [5].

Таблиця 2.1 Оцінка однорідності для максимальних витрат води в басейні р. Західний Буг в межах України

Річка-пост	n, років	Рівень значущості, %	Критерій Фішера		Висновок	Критерій Стьюдента		Висновок	Критерій Уїлкоксона	Висновок
			F	$F_{кр}$		t	$t_{кр}$			
р.Вишня - с. Твіржа	61	1%	1,51	2,77	так	2,02	2,67	так	так	так
		5%		2,16	так		2,01	ні	ні	ні
р.Західний Буг - смт.Сасів	58	1%	4,91	2,70	ні	0,58	2,66	так	так	так
		5%		2,11	ні		2,00	так	так	так
р.Західний Буг - Кам'янка Бузика	61	1%	1,96	2,77	так	0,09	2,67	так	так	так
		5%		2,15	так		2,00	так	так	так
р.Західний Буг - м.Сокаль	26	1%	4,38	5,82	так	0,63	2,83	так	так	так
		5%		3,67	ні		2,08	так	так	так
р.Полтава - м.Буськ	61	1%	6,72	2,77	ні	1,65	2,67	так	так	так
		5%		2,15	ні		2,00	так	так	так
р.Рата-м.Волиця	61	1%	2,00	2,77	так	1,76	2,67	так	так	так
		5%		2,15	так		2,00	так	так	так
р.Рата - м.Межеріччя	51	1%	3,94	2,93	ні	2,04	2,68	так	так	так
		5%		2,25	ні		2,01	ні	так	ні
р.Свиня - м.Нестеров	53	1%	3,54	2,90	ні	3,48	2,67	ні	ні	ні
		5%		2,23	ні		2,01	ні	ні	ні
р.Желедец - м.Луговое	30	1%	1,82	5,35	так	1,15	2,81	так	так	так
		5%		3,44	так		2,07	так	так	так
р.Соколія - м.Червоноград	44	1%	1,73	2,68	так	1,14	2,72	так	так	так
		5%		2,62	так		2,03	так	так	так
р.Луга - м.Володимир Волинський	44	1%	4,75	3,68	ні	0,64	2,72	так	так	так
		5%		2,62	ні		2,03	так	так	так

Таблиця 2.2 Оцінка однорідності для шарів паводочного стоку в басейні р. Західний Буг в межах України

Річка-пост	n, років	Рівень значущості, %	Критерій Фішера		Висновок	Критерій Стьюдента		Висновок	Критерій Уїлкоксона	Висновок
			F	$F_{кр}$		t	$t_{кр}$			
р.Вишня - с. Твіржа	61	1%	1,42	2,77	так	2,13	2,67	так	так	так
		5%		2,15	так		2,00	ні	ні	ні
р.Західний Буг - смт.Сасів	58	1%	3,17	2,80	ні	0,79	2,67	так	так	так
		5%		2,17	ні		2,00	так	так	так
р.Західний Буг - Кам'янка Бузика	61	1%	1,21	2,77	так	0,76	2,67	так	так	так
		5%		2,15	так		2,00	так	так	так
р.Західний Буг - м.Сокаль	26	1%	7,62	5,82	ні	0,86	2,83	так	так	так
		5%		3,67	ні		2,08	так	так	ні
р.Полтава - м.Буськ	61	1%	1,29	2,77	так	0,64	2,77	так	так	ні
		5%		2,15	так		2,00	так	так	так
р.Рата-м.Волиця	61	1%	2,00	2,27	так	1,06	2,67	так	так	так
		5%		2,15	так		2,00	так	так	так
р.Рата - м.Межеріччя	51	1%	1,38	2,93	так	0,00	2,68	так	так	так
		5%		2,25	так		2,01	так	так	так
р.Свиня - м.Нестеров	53	1%	2,12	2,90	так	2,77	2,67	ні	ні	ні
		5%		2,32	так		2,01	ні	ні	ні
р.Желедец - м.Луговое	30	1%	1,17	5,32	так	0,43	2,81	так	так	так
		5%		3,44	так		2,07	так	так	так
р.Соколія - м.Червоноград	44	1%	3,58	3,68	так	2,34	2,72	так	так	так
		5%		2,62	ні		2,03	ні	ні	ні
р.Луга - м.Володимир Волинський	44	1%	1,55	3,68	так	1,78	2,72	так	так	так
		5%		2,62	так		2,03	так	так	так

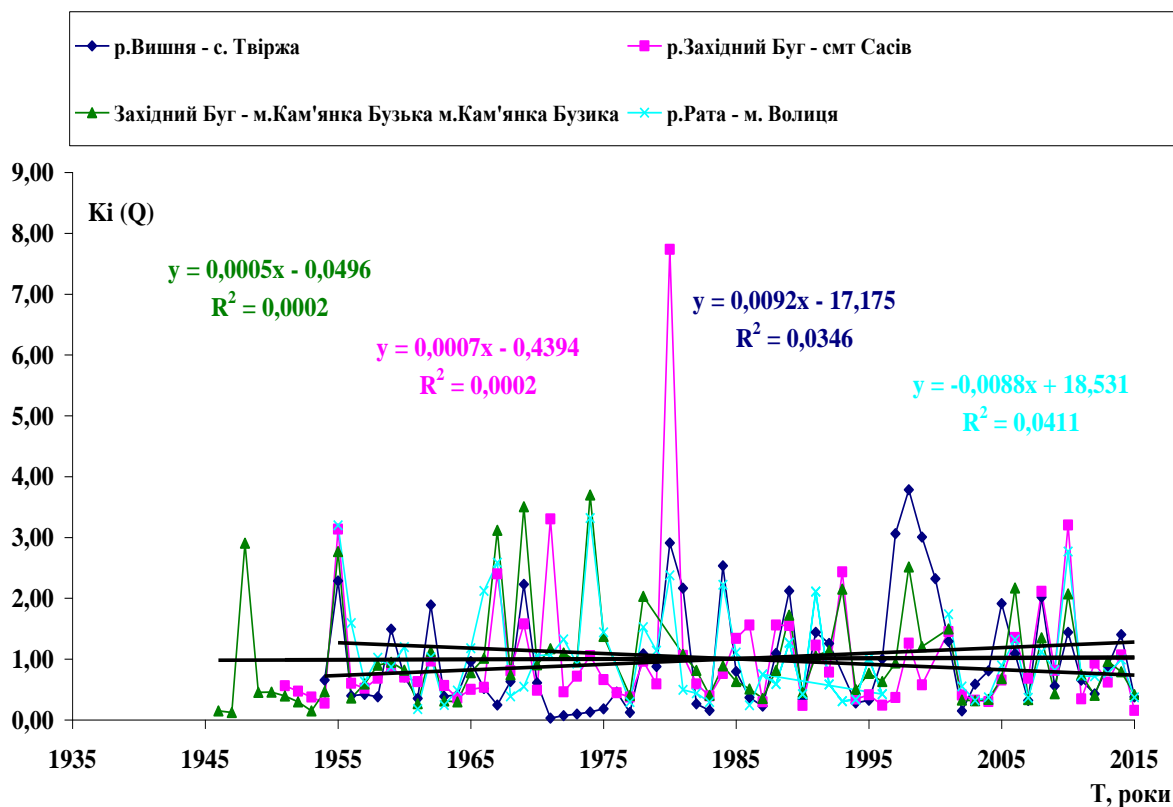


Рисунок 2.3 - Хронологічний графік ходу максимальних витрат води

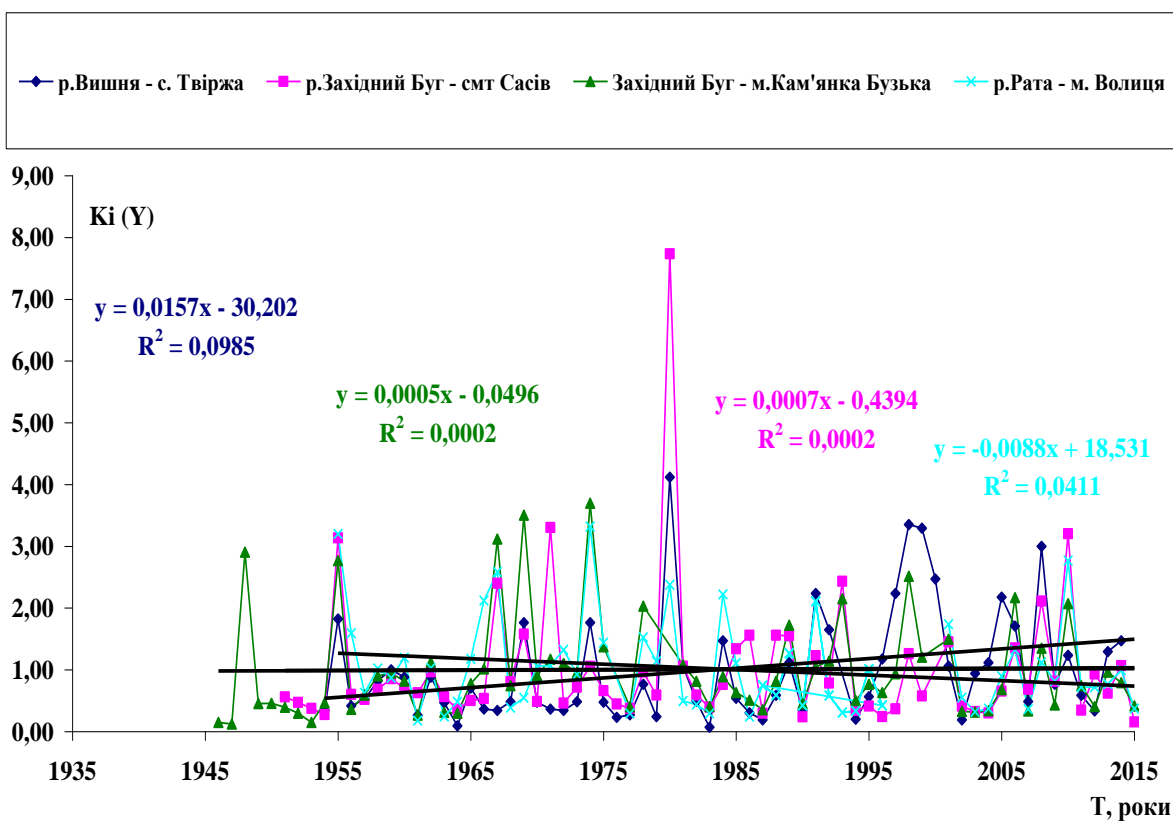


Рисунок 2.4 - Хронологічний графік ходу шарів паводочного стоку

Аналізуючи отримані результати слід відмітити, що всі тренди виявились не значущі.

Для встановлення характеру багаторічних коливань максимальних витрат води і шарів паводочного стоку, крім трендів у часових рядах були розглянуті також і різницеві інтегральні криві $\sum_{i=1}^n (k_i - 1) = f(t)$.

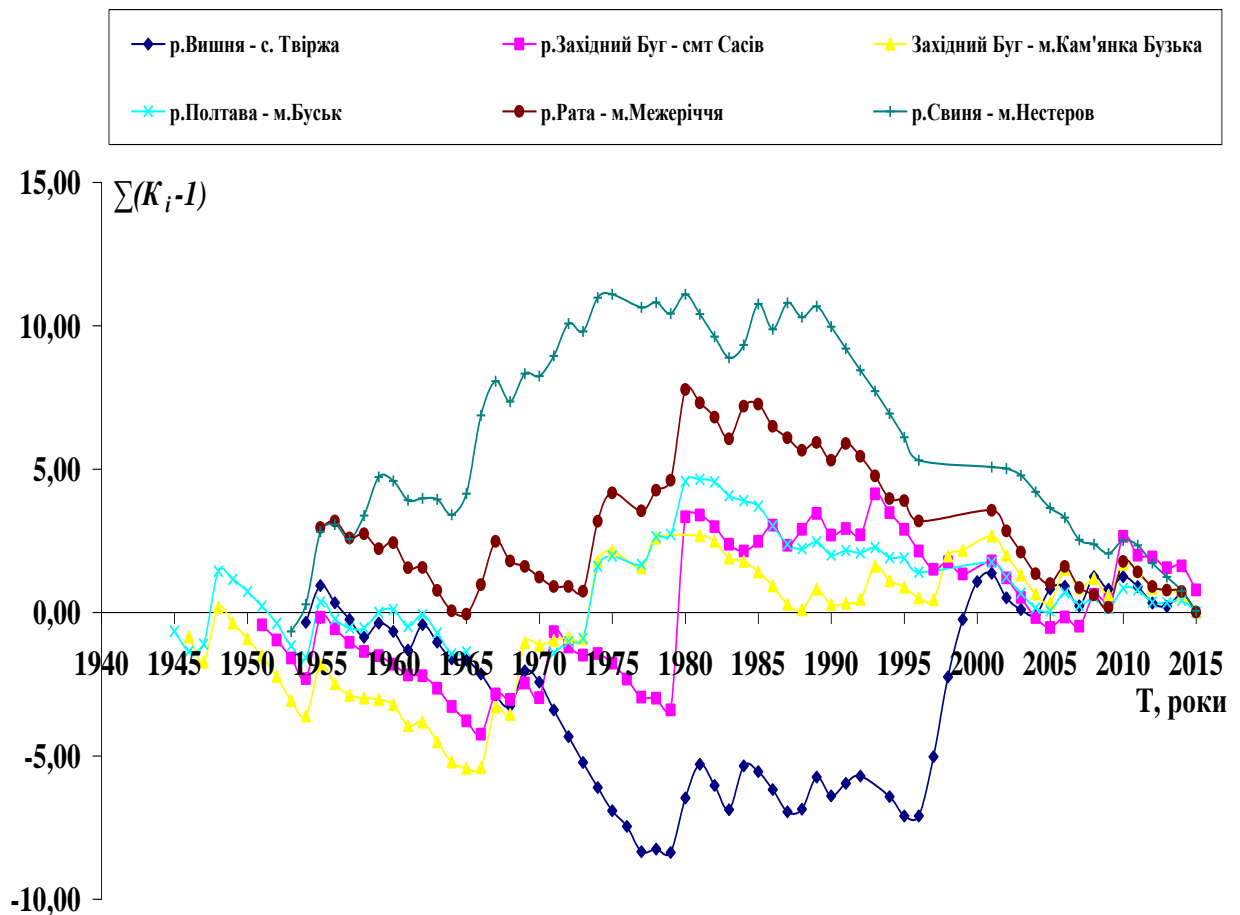


Рисунок 2.5 – Різницеві інтегральні криві для максимальних витрат води

Отримані криві носять синхронний характер, окрім р. Вишня – с. Твіржа. Аналізуючи слід відмітити, що з 1950 по 1985 в цілому має місце багатоводна фаза, а з 1985 по 2015 р. – маловодна фаза. Що стосується шарів паводочного стоку, важко виділити фази водності.

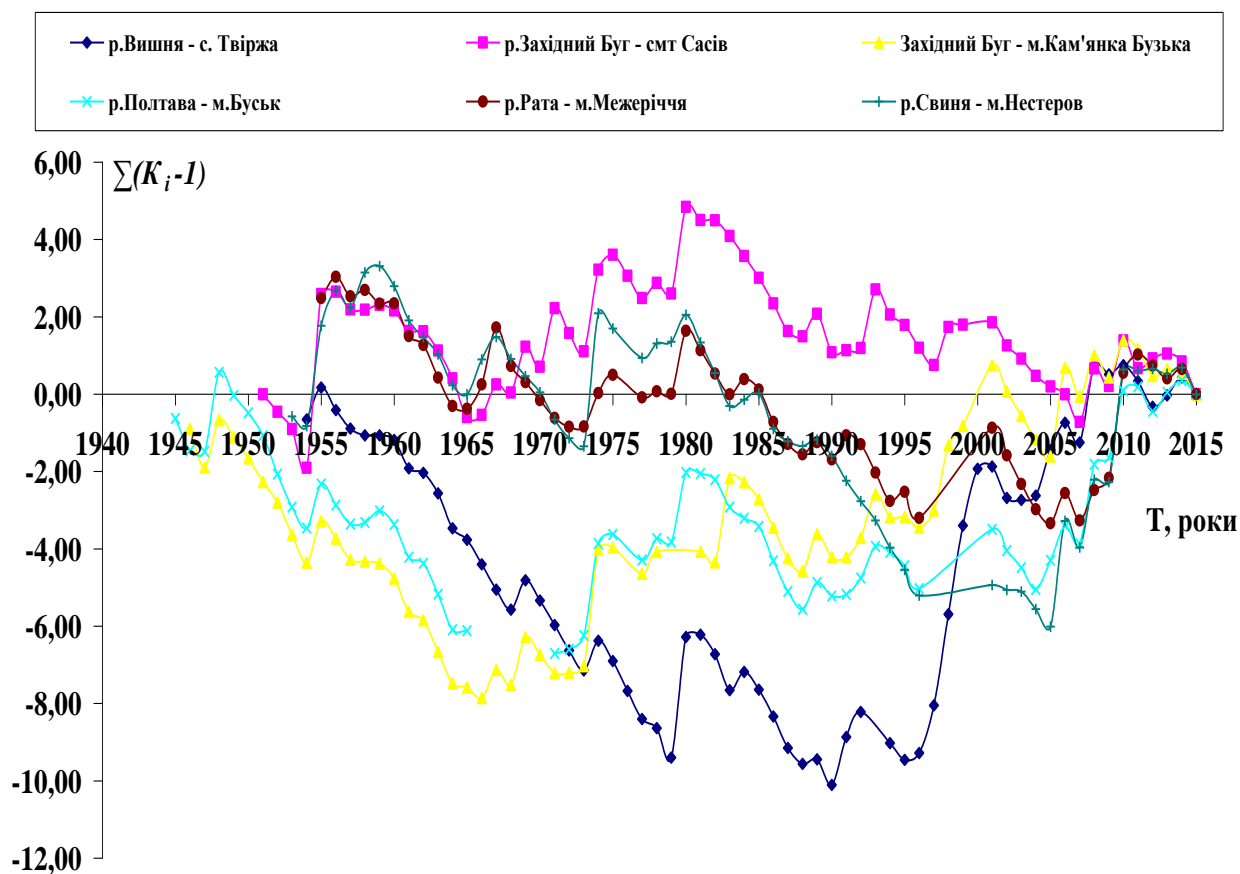


Рисунок 2.6 - Різницеві інтегральні криві для шарів паводочного стоку

Загальний висновок полягає у тому, що за різної тривалості наявні ряди охоплюють замкнуті цикли, хоча і відносяться до різних часових строків.

2.3 Статистична обробка часових рядів максимальних витрат води та шарів паводочного стоку

Статистична обробка вихідної інформації виконувалась з використанням двох методів.

Метод моментів. В основі цього методу лежить визначення параметрів кривих розподілу з використанням статистичних моментів. Поняття моментів прийшло в статистику з механіки, де воно використовується для опису розподілу мас. У статистиці значення дискретної випадкової величини представляється у вигляді матеріальної точки з масою пропорційною ймовірності з'явлення цієї випадкової величини [6].

Тоді сума добутків усіх можливих значень випадкової величини x на ймовірність цих значень p являє собою абсцису центру тяжіння усієї системи N матеріальних точок (математичне сподівання):

$$m_x = \sum_{i=1}^n p_i x_i \quad (2.3)$$

або середньозважене із значень x , причому кожне із значень під час осереднення враховується з вагою, пропорційною ймовірності появи цього значення:

$$m_x = \frac{x_1 p_1 + x_2 p_2 + \dots + x_n p_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i p_i}{\sum_{i=1}^N p_i}, \quad (2.4)$$

де $\sum_{i=1}^N p_i = 1$.

У гідрологічній практиці використовуються моменти трьох видів: початкові α , центральні μ та абсолютні γ , причому

$$\alpha_s = \sum_{i=1}^N x_i^s p_i; \quad (2.5)$$

$$\mu_S = \sum_{i=1}^N (x_i - m_x)^S p_i; \quad (2.6)$$

$$\gamma_S = \sum_{i=1}^N |(x_i - m_x)|^S p_i, \quad (2.7)$$

де S – порядок моменту.

Перший початковий момент α_i дорівнює математичному сподіванню m_x . Серед центральних найбільше застосування у статистиці знайшли моменти μ_2, μ_3, μ_4 та їх безрозмірні характеристики. Вони мають такий вигляд:

- коефіцієнт варіації

$$C_v = \frac{\sqrt{\mu_2}}{m_x} \text{ або } C_v = \frac{\sigma_x}{m_x}; = \quad (2.8)$$

- коефіцієнт асиметрії

$$C_s = \frac{\mu_3}{\sigma_x^3}; \quad (2.9)$$

- ексцес

$$E = \frac{\mu_4}{\sigma_x^4}. \quad (2.10)$$

Перший абсолютний момент γ_1 визначає середнє арифметичне відхилення

$$\gamma_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| (x_i - m_x) \right|. \quad (2.11)$$

Кожен із цих моментів містить у собі певну інформацію про характер розподілу випадкової величини. Перший початковий момент α_1 або математичне сподівання m_x є центром розподілу випадкових величин.

Другий центральний момент μ_2 або дисперсія σ_x^2 характеризує розсіювання значень випадкової величини відносно математичного сподівання. Для більш наочної характеристики розсіювання зручно користуватися величиною, розмірність якої збігається з розмірністю випадкової величини. Отримана величина називається середнім квадратичним відхиленням (стандартом) випадкової величини і позначається символом σ_x . Стандарт, представлений у безрозмірному вигляді (2.10), називається коефіцієнтом варіації.

Третій центральний момент μ_3 характеризує ступінь асиметрії розподілу випадкових величин відносно математичного сподівання. Якщо розподіл випадкової величини симетричний відносно m_x , то μ_3 дорівнює нулю. Безрозмірна характеристика асиметрії (2.11) називається коефіцієнтом асиметрії.

Четвертий центральний момент μ_4 використовується для характеристики так званої «крутості», тобто гостровершинності кривих розподілу. Ця властивість розподілу описується за допомогою так званого ексцесу (2.11) [6].

Нормовані статистичні моменти C_v та C_s можна виразити через модульні коефіцієнти k_i :

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n}} \quad (2.12)$$

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{nC_v^3}, \quad (2.13)$$

де $k_i = \frac{x_i}{\bar{x}}$.

Оцінки центральних статистичних моментів другого, третього та більш вищих порядків не відповідають вимогам незміщеності [6]. Для уникнення цього у формули вводяться поправочні коефіцієнти:

- для другого центрального моменту

$$\delta = \frac{n}{n-1}; \quad (2.14)$$

- для третього

$$\delta = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)}. \quad (2.15)$$

В результаті розрахунків формули мають такий вигляд:

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (2.16)$$

або

$$C_v = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n-1}}; \quad (2.17)$$

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\sigma_x^3} \frac{n}{(n-1)(n-2)} \quad (2.18)$$

або

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{C_v^3} \frac{n}{(n-1)(n-2)}. \quad (2.19)$$

Що стосується ексцесу, то ця характеристика розподілу не використовується у гідрологічних розрахунках, тому що навіть при відносно тривалих рядах стоку вона є недостовірною.

Слід відзначити, що введення поправочних множників допомагає усунути зміщеність параметрів стокових рядів лише при $C_v < 0.5$.

При $C_v > 0.5$ застосування методу моментів у гідрологічних розрахунках не рекомендується [7,8].

Метод найбільшої правдоподібності. Походження назви цього методу пов'язане з застосуванням функції правдоподібності до визначення статистичних параметрів трьох-параметричного гама-розподілу С.М. Крицького та М.Ф. Менкеля [9].

З одного боку, функція правдоподібності це ймовірність сумісної появи вибірки в цілому. З другого, ймовірність сумісної появи події – це добуток ймовірностей появи кожної з подій. Отже, це добуток щільностей ймовірності усіх елементів вибірки, що містять у собі невідомий параметр, який треба оцінити.

Метод найбільшої правдоподібності – метод математичної статистики, у якому за оцінку невідомого значення параметру щільності ймовірності береться те його значення, при якому функція правдоподібності досягає свого максимуму для даної вибірки випадкової величини, звідки і пішла

назва — метод найбільшої правдоподібності. Математичний вираз для функції правдоподібності з невідомим параметром θ має такий вигляд:

$$L(x_1, x_2, \dots, x_n, \theta) = f(x_1, \theta), f(x_2, \theta), \dots, f(x_n, \theta). \quad (2.20)$$

Відповідно до правил диференціального числення для того, щоб знайти оцінку θ , необхідно вирішити рівняння

$$\frac{\partial L}{\partial \theta} = 0. \quad (2.21)$$

З ціллю спрощення розрахунків функцій правдоподібності її логарифмують і розглядають рівняння

$$\frac{1}{L} \frac{\partial L}{\partial \theta} = \frac{\partial \ln L}{\partial \theta}. \quad (2.22)$$

Таким чином, якщо для деякого параметра θ існує його ефективна оцінка, то вона є єдиним в цьому випадку рішенням рівняння. Метод найбільшої правдоподібності приводить до обґрунтованих оцінок з незначним зміщенням. Але вигляд розрахункових формул статистичних параметрів залежать від обраного закону розподілу випадкової величини. Є.Г.Блохінов [10] застосував метод найбільшої правдоподібності до трипараметричного гама-розподілу С.М.Крицького та М.Ф.Менкеля [9]. Строге рішення приводить до складних трансцендентних рівнянь. У зв'язку з цим був запропонований спрощений прийом оцінки параметрів. У результаті отримані такі статистики:

$$\lambda_1 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.23)$$

$$\lambda_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg \frac{x_i}{\bar{x}}}{n} \quad (2.24)$$

$$\lambda_3 = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\bar{x}} \lg \frac{x_i}{\bar{x}}}{n} \quad (2.25)$$

Перша із статистик λ дорівнює середньоарифметичному значенню випадкової величини X . Дві інші (λ_2 , λ_3) функціонально зв'язані з коефіцієнтом варіації C_v та коефіцієнтом асиметрії C_s . Для переходу від λ_2 та λ_3 до C_v та C_s/C_v побудовані спеціальні номограми.

Деяка зміщеність параметрів λ_2 та λ_3 може бути усунена за рахунок поправочного множника $\frac{n}{n-1}$, тоді:

$$\lambda_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg k_i}{n-1} \quad (2.26)$$

$$\lambda_3 = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \lg k_i}{n-1}. \quad (2.27)$$

Статистичні параметри емпіричних рядів по 12 гідрологічних постах обчислені методами моментів і найбільшої правдоподібності.

За розрахунковий взято період з початку спостережень за стоком на річках по 2015 р. Результати статистичної обробки максимальних витрат води наведені в табл.2.3. Значення коефіцієнтів варіації, розраховані за методом моментів, коливаються від 0,61 (р.Луга - м. Володимир Волинський) до 1,13 (р.Західний Буг - смт Сасів), а C_v , розраховані за методом найбільшої правдоподібності – від 0,63 (р.Луга - м. Володимир Волинський) до 1,49 (р.Західний Буг - смт Сасів).

Результати статистичної обробки шарів стоку наведені в табл.2.4. Значення коефіцієнтів варіації, розраховані за методом моментів, коливаються від 0,76 (р.Рата - м. Волиця) до 1,49 (Західний Буг м.Сокаль), а C_v , розраховані за методом найбільшої правдоподібності – від 0,81 (р.Полтава -м.Буськ) до 1,42 (руч. Кам'янка - Кам'янка Буська).

Таблиця 2.3 Статистична обробка максимальних витрат води в басейні р. Західний Буг в межах України

№ з/п	Річка-Пост	$F, \text{км}^2$	$Q_{\text{сер}}, \text{м}^3/\text{с}$	$r(I)$	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
					C_v	C_s	C_s/C_v	C_v	C_s	C_s/C_v
1	р.Вишня - с. Твіржа	562	26,26	0,33	0,89	1,25	1,40	0,90	1,40	1,50
2	р.Західний Буг - смт Сасів	107	5,95	0,10	1,13	4,13	3,70	1,38	6,50	4,70
3	р.Західний Буг - м.Кам'янка Бузика	2350	48,02	0,06	0,79	1,74	2,20	0,80	2,01	2,50
4	р.Західний Буг м.Сокаль	6250	83,00	0,08	0,94	3,52	3,70	1,16	6,89	5,90
5	р.Полтава м.Буськ	1440	28,71	0,02	0,71	2,09	2,90	0,71	2,52	3,50
6	руч. Кам'янка Кам'янка Буська	141	5,61	0,09	0,93	1,40	1,50	0,99	2,34	2,40
7	р.Рата - м. Волиця	1140	24,36	0,03	0,73	1,58	2,20	0,73	1,80	2,40
8	р.Рата - м.Межеріччя	1740	35,97	0,03	0,93	2,11	2,30	0,94	2,64	2,80
9	р.Свиня - м.Нестеров	98,6	3,78	0,21	0,79	1,33	1,70	0,80	1,49	1,80
10	р.Желдець - с.Лугове	246	8,46	0,09	1,09	1,83	1,70	1,13	2,48	2,20
11	р.Солокія - м.Червоноград	931	12,58	0,15	0,69	1,69	2,50	0,69	2,05	3,00
12	р.Луга - м.Володимир Волинський	1270	4,30	0,18	0,61	2,62	4,30	0,63	3,65	5,70

Таблиця 2.4 Статистична обробка шарів паводочного стоку в басейні р. Західний Буг в межах України

№ з/п	Річка-Пост	$F, \text{км}^2$	$Y_{сер},$ $мм$	$r(1)$	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
					C_v	C_s	C_s/C_v	C_v	C_s	C_s/C_v
1	р.Вишня - с. Твіржа	562	17,00	0,24	0,88	1,64	1,90	0,89	1,87	2,10
2	р.Західний Буг - смт Сасів	107	14,78	0,17	0,95	2,64	2,80	0,98	3,44	3,50
3	р.Західний Буг - м.Кам'янка Бузика	2350	17,67	0,02	0,87	1,58	1,80	0,88	1,79	2,00
4	р.Західний Буг м.Сокаль	6250	14,27	0,08	1,49	3,88	2,60	1,85	8,07	4,40
5	р.Полтава м.Буськ	1440	15,39	0,05	0,80	1,33	1,70	0,81	1,46	1,80
6	руч. Кам'янка Кам'янка Буська	141	17,43	0,23	1,27	2,42	1,90	1,42	5,80	4,10
7	р.Рата - м. Волиця	1140	12,93	0,01	0,76	1,90	2,50	0,77	2,24	2,90
8	р.Рата - м.Межеріччя	1740	12,85	0,02	0,83	1,79	2,20	0,83	2,15	2,60
9	р.Свиня - м.Нестеров	98,6	9,44	0,01	0,98	2,19	2,20	0,99	2,76	2,80
10	р.Желдець - с.Лугове	246	12,69	0,08	1,18	2,37	2,00	1,23	3,56	2,90
11	р.Солокія - м.Червоноград	931	11,77	0,11	0,92	1,70	1,80	0,94	2,06	2,20
12	р.Луга - м.Володимир Волинський	1270	7,58	0,10	1,02	1,35	1,30	1,05	1,55	1,50

3 Визначення характеристик максимального стоку дощових паводків теплового періоду річок басейну Західного Бугу в межах України

3.1 Розрахунок максимальних витрат води заданої ймовірності перевищення

При відомих значеннях статистичних параметрів витрати води заданої забезпеченості при використанні біноміальної кривої розподілу визначаються по формулах:

$$Q_p = Q_m [1 + C_v \Phi(P, C_v)] \quad (3.1)$$

Нормовані ординати розподілу Пірсона III типу $\Phi = f(P, C_s) = (k_p - 1) / C_v$ приведені в таблиці [7]. Відповідно для трипараметричного гама-розподілу:

$$Q_p = k_p \bar{Q}_m \quad (3.2)$$

де k_p - модульні коефіцієнти, які вибирають з таблиці залежно від співвідношення C_s / C_v , заданої забезпеченості $P_{1\%}$ і коефіцієнта варіації C_v .

По формулі (3.2) розраховуються витрати води заданої забезпеченості. Отримані результати представлені у таблиці 3.1.

Найбільше значення витрати води 1%-вої забезпеченості спостерігається на р. Західний Буг - м.Сокаль – 466,46 м³/с, а мінімальна витрата води 1%-вої забезпеченості дорівнює 13,72 м³/с для р.Луга - м.Володимир Волинський.

Таблиця 3.1 -Максимальні витрати води в басейні р. Західний Буг в межах України різної забезпеченості

 $(P=1,3,5,10\%)$ при $Cs=3Cv$

№ з/п	Річка-Пост	$F, \text{ км}^2$	$Q \text{ сер,}$ $\text{ м}^3/\text{с}$	Cv	$Q1\%,$ $\text{ м}^3/\text{с}$	$Q3\%,$ $\text{ м}^3/\text{с}$	$Q5\%,$ $\text{ м}^3/\text{с}$	$Q10\%,$ $\text{ м}^3/\text{с}$
1	р.Вишня - с. Твіржа	562	26,26	0,90	115,81	84,29	70,90	54,10
2	р.Західний Буг - смт Сасів	107	5,95	1,38	39,75	26,42	21,00	14,22
3	р.Західний Буг - м.Кам'янка Бузька	2350	48,02	0,80	190,16	141,66	121,01	94,60
4	р.Західний Буг - м.Сокаль	6250	83	1,16	466,46	323,70	262,28	187,58
5	р.Полтава м.Буськ	1440	28,71	0,71	101,63	78,09	67,76	53,69
6	руч. Кам'янка Кам'янка Бузька	141	5,61	0,99	27,04	19,52	16,27	11,78
7	р.Рата - м. Волиця	1140	24,36	0,73	88,43	67,48	58,46	46,77
8	р.Рата - м.Межеріччя	1740	35,97	0,94	165,10	119,78	100,36	75,54
9	р.Свиня - м.Нестеров	98,6	3,78	0,80	14,97	11,15	9,53	7,45
10	р.Желдець - с.Лугове	246	8,46	1,13	45,94	32,32	26,23	19,12
11	р.Солокія - м.Червоноград	931	12,58	0,69	43,15	33,59	29,31	22,77
12	р.Луга - м.Володимир Волинський	1270	4,30	0,63	13,72	10,79	9,46	7,78

Для переходу до інших забезпеченостей рекомендується перехідні коефіцієнти λ_p , одержані із залежності $Q_p = f(Q_{1\%})$ та представлені у вигляді таблиці (рис.3.1, табл.3.2).

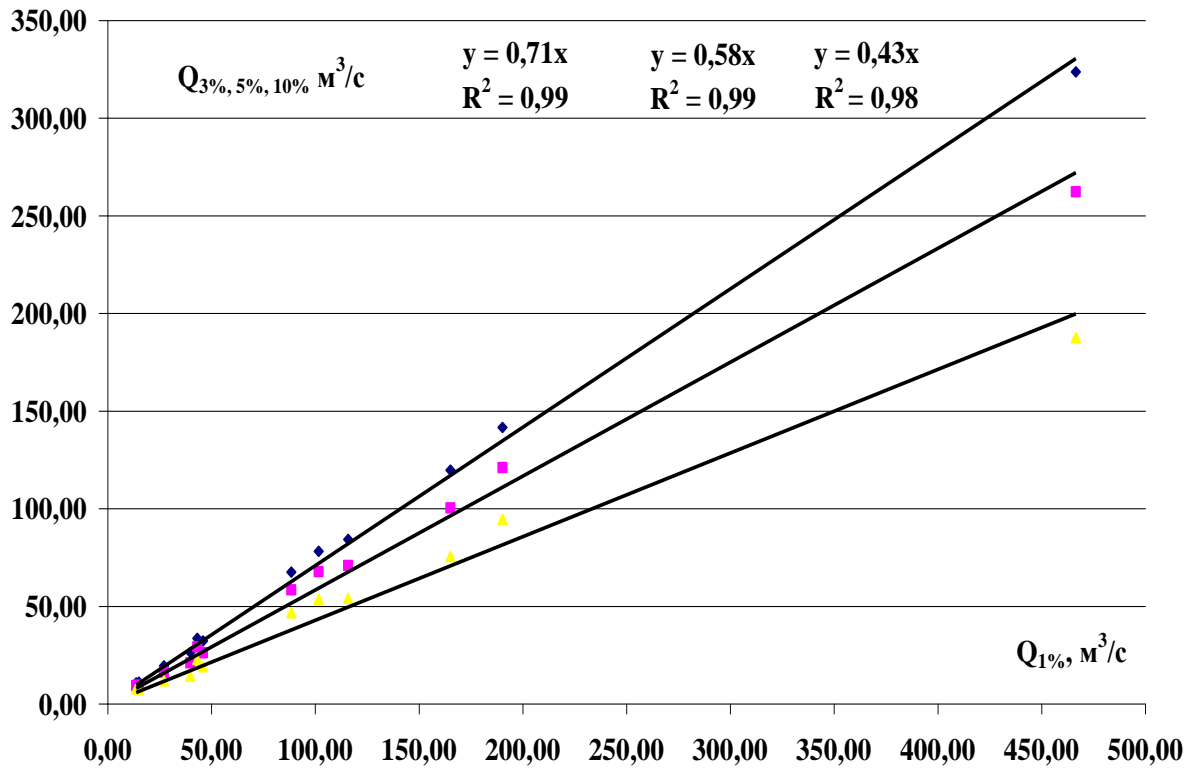


Рисунок 3.1 – Залежність для отримання перехідних коефіцієнтів від максимальних витрат води дощових паводків опорної ($P=1\%$) забезпеченості до інших забезпеченостей ($P\%$)

Таблиця 3.2- Перехідні коефіцієнти від максимальних витрат води дощових паводків опорної ($P=1\%$) забезпеченості до інших забезпеченостей ($P\%$)

$P\%$	1,0	3,0	5,0	10
λ_p	1,0	0,71	0,58	0,43

3.2 Розрахунок шарів паводочного стоку заданої ймовірності перевищення

При відомих значеннях статистичних параметрах шари стоку заданої забезпеченості при використанні біноміальної кривої розподілу визначаються по формулах:

$$Y_p = \bar{Y}_m [1 + C_v \Phi(P, C_s)] \quad (3.3)$$

Нормовані ординати розподілу Пірсона III типу $\Phi = f(P, C_s) = (k_p - 1) / C_v$ приведені в таблиці [7].

Відповідно для три параметричного гама-розподілу:

$$Y_p = k_p \bar{Y}_m \quad (3.4)$$

де k_p - модульні коефіцієнти, які вибирають з таблиці залежно від співвідношення C_s / C_v , заданої забезпеченості $P_{1\%}$ і коефіцієнта варіації C_v .

По формулі (4.4) розраховуються шари стоку заданої забезпеченості. Отримані результати представлені у таблиці 4.3. Шари паводочного стоку 1% - ої забезпеченості коливаються від 126,18 мм (р. Західний Буг м. Сокаль) до 38,66 мм (р. Луга - м. Володимир Волинський).

Таблиця 3.2 – Шари паводочного стоку в басейні р. Західний Буг в межах України різної забезпеченості

 $(P=1,3,5,10\%)$ при $Cs=3Cv$

№ з/п	Річка-Пост	$F, \text{км}^2$	$Y_{сер}, \text{мм}$	Cv	$Y_{1\%}, \text{мм}$	$Y_{3\%}, \text{мм}$	$Y_{5\%}, \text{мм}$	$Y_{10\%}, \text{мм}$
1	р.Вишня - с. Твіржа	562	17,00	0,89	74,97	54,57	45,90	35,02
2	р.Західний Буг - смт Сасів	107	14,78	0,98	68,58	49,37	41,24	31,04
3	р. Західний Буг - м.Кам'янка Бузька	2350	17,67	0,88	73,86	54,42	46,12	35,52
4	р. Західний Буг м.Сокаль	6250	14,27	1,85	126,15	77,20	58,36	36,96
5	р.Полтава м.Буськ	1440	15,39	0,81	60,94	45,40	38,78	30,32
6	руч. Кам'янка Кам'янка Буська	141	17,43	1,42	121,49	79,31	62,57	42,53
7	р.Рата - м. Волиця	1140	12,93	0,77	48,23	36,46	31,42	24,83
8	р.Рата - м.Межеріччя	1740	12,85	0,83	53,71	39,58	33,54	25,83
9	р.Свиня - м.Нестеров	98,6	9,44	0,99	43,80	31,53	26,34	19,82
10	р.Желдець - с.Лугове	246	12,69	1,23	76,39	51,90	41,75	29,57
11	р.Солокія - м.Червоноград	931	11,77	0,94	54,61	39,31	32,84	24,72
12	р.Луга - м.Володимир Волинський	1270	7,58	1,05	38,66	27,29	22,44	16,60

ВИСНОВКИ

В результаті виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи визначенні розрахункові характеристики максимального стоку дощових паводків теплового періоду річок басейну Західного Бугу в межах України. У тому числі можна зробити наступні основні висновки:

1. Перевірка однорідності вихідної інформації за допомогою критеріїв Стюдента, Фішера та Уїлкоксона, показала, що більшість постів є однорідними за умовами формування стоку.

2. Дослідження трендів по максимальним витратам води та шарам паводочного стоку показав, що вони є незначущими для річок басейну Західного Бугу в межах України.

3. Отримані різницеві інтегральні криві показують, що за різної тривалості наявні ряди охоплюють замкнуті цикли, хоча і відносяться до різних часових строків.

4. Статистична обробка максимальних витрат води: значення коефіцієнтів варіації, розраховані за методом моментів, коливаються від 0,61 (р. Луга - м. Володимир Волинський) до 1,13 (р. Західний Буг – смт Сасів), а C_v , розраховані за методом найбільшої правдоподібності – від 0,63 (р. Луга - м. Володимир Волинський) до 1,49 (р. Західний Буг - смт Сасів). Статистична обробка шарів паводочного стоку: значення коефіцієнтів варіації, розраховані за методом моментів, коливаються від 0,76 (р. Рата - м. Волиця) до 1,49 (Західний Буг м. Сокаль), а C_v , розраховані за методом найбільшої правдоподібності – від 0,81 (р. Полтава м. Буськ) до 1,42 (руч. Кам'янка Кам'янка Буська).

5. Використовуючи ординати трипараметричного гама-розподілу С.М. Крицького – М.Ф. Менкеля та статистичні характеристики були визначені максимальні витрати води та шари паводочного стоку 1,3,5,10%-ої забезпеченості.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Атлас України / кер. проекту Л.Г.Руденко, В.С.Чабанюк, А.І.Бочковська / Інститут географії Національної академії наук України і Товариство з обмеженою відповідальністю «Інтелектуальні системи ГЕО», Інтелектуальні Системи ГЕО, 1999-2000. [UPL:http://www.isgeo.kiev.ua](http://www.isgeo.kiev.ua)
2. Ресурсы поверхностных вод СССР. Украина и Молдавия. Ленинград: Гидрометеиздат, 1969.Т.6.Вып. 1. 884 с.
3. Клімат України / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В.М.Бабіченко. Київ : Вид-во Раєвського. 2003. 343 с.
4. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии / Ленинград: Гидрометеиздат, 1974. 423с.
5. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации / Санкт-Петербург: ГГИ, 2007. 278 с.
6. Гопченко Є.Д., Лобода Н.С., Овчарук В.А. Гідрологічні розрахунки: підручник / Одеськ. Державний екологічний університет. Одеса: ТЕС, 2014. 484 с.
7. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. 447 с.
8. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33-101-2003. Москва, 2004. 72 с.
9. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Гидрологические основы управления речным стоком / Москва. 1981. 254 с.
10. Блохинов Е.Г. Об особенностях распределения выборочных оценок параметров речного стока //Труды ГГИ. Вып.134. Ленинград: Гидрометеиздат. 1968. С. 115-150.