

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут  
Кафедра гідрології суші

**Магістерська кваліфікаційна робота**

на тему: **РІЧНИЙ СТІК В БАСЕЙНІ Р. ПІВДЕННИЙ БУГ**

Виконав магістр 2-го року навчання  
групи МГ-2 спеціальності 103 «Науки  
про Землю»;  
освітньо-наукової програми «Гідрологія»  
Гук Назар Анатолійович

Керівник: канд.геогр.наук, доцент  
Бурлуцька Марія Едуардівна

Рецензент: канд.геогр.наук, доцент  
Романчук Марина Євгенівна

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	Гідрометеорологічний інститут
Кафедра	гідрології суші
Рівень вищої освіти	Магістр
Спеціальність	103 «Науки про Землю» (шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри гідрології суші

Д-р геогр. наук, проф.

Шакірманова Ж.Р.

“11” березня 2019 року

**З А В Д А Н Н Я  
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Гуку Назару Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Річний стік в басейні р.Південний Буг

керівник роботи: Бурлуцька Марія Едуардівна, канд.геогр.наук., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального

закладу від

05 жовтня 2018 року №271-С

2. Строк подання студентом роботи 10 травня 2019 р.

3. Вихідні дані до роботи Середньорічні модулі річного стоку в басейні р. Південний Буг

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1.Перевірити вихідні ряди середньорічних модулів стоку на однорідність та циклічність.

2.Виконати статистичну обробку вихідної інформації.

3.Узагальнення по території середньорічних модулів стоку і коефіцієнтів варіації

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1.Схема розташування гідрологічних постів.

2.Різницеві інтегральні криві, графіки наявності тренду.

3.Привести залежності середньорічних модулів стоку від широти та залісеності.

4.Надати у картографічному вигляді норму річного стоку та коефіцієнти варіації.

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 11 березня 2019 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	Збір вихідних матеріалів.	11.03-17.03	90	відмінно
2.	Підготовка розділу: фізико-географічна характеристика досліджуваного району.	18.03-28.03	85	добре
3.	Перевірка часових рядів на однорідність та циклічність. Статистична обробка.	29.03-14.04	85	добре
	<b>Рубіжна атестація</b>	<b>15.04-21.04</b>		
4.	Розрахунок і узагальнення по території середньорічних модулів стоку і коефіцієнтів варіації.	15.04-25.04	90	відмінно
5.	Підготовка текстової частини.	26.04-02.05	90	відмінно
6.	Оформлення роботи	03.05-09.05		
	Перевірка на плагіат, підписання авторського договору	10.05-13.05.19		
	Підготовка доповіді до презентації	13.05-24.05		
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		<b>88</b>	добре

Студент \_\_\_\_\_ Гук Н. А.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)Керівник роботи \_\_\_\_\_ Бурлуцька М. Е.  
( підпис ) (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Магістерська кваліфікаційна робота студента групи МГ-2 Гука Назара Анатолійовича на тему: «Річний стік в басейні р. Південний Буг».

**Актуальність теми.** Однією з основних характеристик водних ресурсів річок є норма стоку. Особисто важливе значення норми річного стоку полягає у тому, що вона являє собою базову і стійку характеристику водних ресурсів для любого розглядуваного регіону, має важливе значення для водогосподарського проектування.

Вихідні ряди спостережень за річним стоком суттєво поповнились новими даними за останні роки. На підставі цього, доцільним є уточнення розрахункових характеристик річного стоку за отриманими матеріалами спостережень по 2015 рік.

**Мета і задачі дослідження** є визначення і узагальнення головних характеристик річного стоку в басейні р. Південний Буг.

**Об'єкт і предмет дослідження.** Річний стік в басейні р. Південний Буг.

**Методи дослідження.** На підставі отриманих даних річного стоку досліджуваної території виконана статистична обробка часових рядів, визначена циклічність.

**Результати, їх новизна, теоретичне та практичне значення.** Завдяки викладеній в роботі методики, норму річного стоку і коефіцієнт мінливості можливо визначати за допомогою побудованих карт ізоліній. Запропоновану методику можна використовувати для визначення розрахункових характеристик річного стоку за відсутності спостережень в басейні р. Південний Буг.

**Рекомендації щодо використання результатів роботи з зазначенням галузі застосування:** результати розрахунку норми річного стоку, побудовані карти ізолінії для не вивчених річок басейну Південний Буг мають значення при водогосподарському проектуванні.

**Структура і обсяг роботи:**

*Кількість сторінок – 75*

*Кількість рисунків – 6*

*Кількість таблиць – 9*

**Кількість використаної літератури – 27**

**Ключові слова:** характеристики річного стоку, циклічність, норма, коефіцієнт, мінливість, просторове узагальнення.

## SUMMARY

Master's qualification work of the student of group MG-2 Huk Nazar Anatoliyovich on the theme: " Annual Runoff in the Pivdennyi Bug River Basin"

**Actuality of theme.** One of the main characteristics of river water resources is the flow rate. Personally, the importance of the annual runoff norm is that it is a basic and sustainable water resource characteristic for any region under consideration, which is important for water management planning.

The initial series of observations over the annual drainage flow has significantly increased with new data in recent years. Based on this, it is expedient to clarify the estimated characteristics of the annual runoff for the observation materials received by 2015.

**The purpose of research** is the definition and generalization of the main characteristics of annual runoff in the basin of the Pivdennyi Bug River.

**Object of study.** Annual runoff in the basin of the Pivdennyi Bug River.

**Research methods.** On the basis of the data of the annual flow of the studied territory, the statistical processing of time series was performed, cyclicity was determined.

**Theoretical and practical importance.** Thanks to the methodology outlined in the work, the norm of the annual runoff and the coefficient of variability can be determined by means of constructed maps of isolines. The proposed method can be used to determine the estimated characteristics of the annual runoff in the absence of observations in the basin of the Southern Bug River.

**Recommendations on the use of work results:** the results of calculating the annual runoff norms, built insulator maps for unexplored river basins Southern Bug are important in water management planning.

**Structure and scope of work:**

*Number of Pages - 75*

*Number of figures - 6*

*Number of tables - 9*

*Number of references - 27*

**Keywords:** characteristics of annual runoff, cyclicity, norm, coefficient, variability, spatial generalization.

## ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 Стисла фізико-географічна характеристика басейну річки Південний Буг .....	10
1.1 Географічне положення і рельєф .....	10
1.2 Ґрунти і рослинність .....	11
1.3 Кліматична характеристика річкового басейну.....	13
1.4 Гідрологічна вивченість і особливості водного режиму .....	18
1.5 Водний режим річки Південний Буг .....	22
2 Існуючі методи розрахунку річного стоку.....	25
2.1 Розрахунок статистичних параметрів річного стоку при наявності тривалих рядів спостережень .....	25
2.2 Вибір розрахункового періоду для визначення норми річного стоку. Методи згладжування хронологічних рядів .....	28
2.2.1 Метод різницевих інтегральних кривих .....	29
2.3 Обчислення статистичних параметрів річного стоку при коротких рядах спостережень .....	30
2.3.1 Приведення статистичних параметрів річного стоку коротких рядів спостережень до багаторічного періоду графічним способом ...	31
2.3.2 Приведення статистичних параметрів коротких рядів спостережень до багаторічного періоду графо-аналітичним методом	33
2.3.3 Аналітичний спосіб приведення статистичних параметрів річного стоку .....	35
2.3.4 Приведення ряду до багаторічного періоду методом коефіцієнтів .....	37
3 Статистичні методи дослідження стоку в басейні річки Південний Буг .....	38
3.1 Метод моментів .....	38
3.2 Метод найбільшої правдоподібності .....	41

3.3 Точність обчислення параметрів статистичного розподілу .....	42
3.4 Статистична обробка рядів середньорічних модулів стоку в басейні річки Південний Буг .....	44
3.5 Дослідження статичної однорідності часових рядів середньорічних норм стоку .....	45
4 Обґрунтування методики розрахунку річного стоку в басейні р. Південний Буг .....	52
4.1 Просторове узагальнення характеристик норми річного стоку в басейні р.Південний Буг .....	52
4.2 Перевірочні розрахунки .....	60
Висновки.....	63
Перелік посилань.....	65
Додаток А.....	68
Додаток Б .....	72

## ВСТУП

Норма річного стоку має важливе значення при розрахунках стоку та водогосподарському проектуванні.

Середнє значення річного стоку за достатньо тривалий період, включаючи декілька (не менше двох) повних циклів коливань стоку, називається нормою річного стоку. Допустима похибка обчислення норми річного стоку, враховуючи точність вихідної інформації, знаходиться у межах 5 - 10 %. Як результуючий елемент водного балансу норма річного стоку являється при даних кліматичних умов та рівня господарської діяльності людини стійкою гідрокліматичною характеристикою даного району.

Стійкість норми річного стоку для даного географічного ландшафту не можна враховувати не зміною. Коли під впливом змін кліматичних умов або діяльності людини (наприклад, вирубка лісів, створення водосховищ...) змінюються середні величини опадів і випаровування, то змінюється і норма річного стоку. Але при відносно не зміних середніх кліматичних умов, норму річного стоку можна вважати стійкою територіальною гідрологічною характеристикою, обумовленою властивістю даному географічному ландшафту середнім співвідношенням тепла і вологи.

Мета магістерської роботи – обґрунтування методики розрахунку норми річного стоку для р. Південний Буг, при цьому були використані данні спостережень по 24 гідрологічним постах з площами водозборів від 92,5 км<sup>2</sup> до 27600 км<sup>2</sup>.

Робота складається з 4 розділів.

Перший розділ описує географічне положення досліджуваного району, геологічну будову, клімат, температурний режим та гідрологічну вивченість.



Другий розділ описує існуючі методи розрахунку норм річного стоку.

У третьому розділі проводилась статистична обробка часових рядів середньорічних модулів стоку та перевірка на однорідність.

Четвертий розділ присвячений просторовому узагальненню головних характеристик річного стоку в басейні р. Південний Буг.

Дослідження, що було виконане в магістерській кваліфікаційній роботі, пройшло апробацію на конференції молодих вчених секції «Гідрологія суші» та на міжнародній дисциплінарній конференції молодих вчених «Шевченківська весна» з друкуванням збірника наукових праць. По результатам конференції подані тези до друку.

## **1 СТИСЛА ФІЗИКО – ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНУ РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ**

Територія описуваного району басейну річки Південний Буг розташована в степовій та лісостепових зонах. На півночі і сході межа району проходить по вододілу Дніпра (рис. 1.1). В межах досліджуваної території розташовані значні частини Хмельницької, Вінницької, Черкаської, Кіровоградської, Одеської і Миколаївської областей.

Фізико-географічна характеристика розглянута за довідковими та монографічними виданнями [1,2,3].

### **1.1 Геологічна будова і рельєф**

Південний Буг – це річка що належить до великих річок басейну Чорного моря, вона бере свій початок з боліт біля Подільського плато в 2 км на північний захід від с. Холодець Волочиського району Хмельницької області. Впадає в Дніпро – Бугський лиман, утворюючи гирло р. Інгул (м. Миколаїв). Бугський лиман довжиною 47 км, шириною 2,7 – 8 км [1].

У басейні Південного Бугу в межах Українського Кристалічного щита значно поширені відкладення полтавської свити – піски з лінзами і прослоями глин, що залягають на глауконітових пісках Харківського ярусу або більш старих відкладеннях [1].

У Причорномор'ї в гирлі Південного Бугу залягають відомі вапняки, що знаходяться значно нижче за базис ерозії. Розподіл та контур піщано-глинистих, меотичних відкладень зміщується на південь. Південніше вони представлені – глинистими, з північного кордону переважно піщано-глинистими відкладеннями [3].

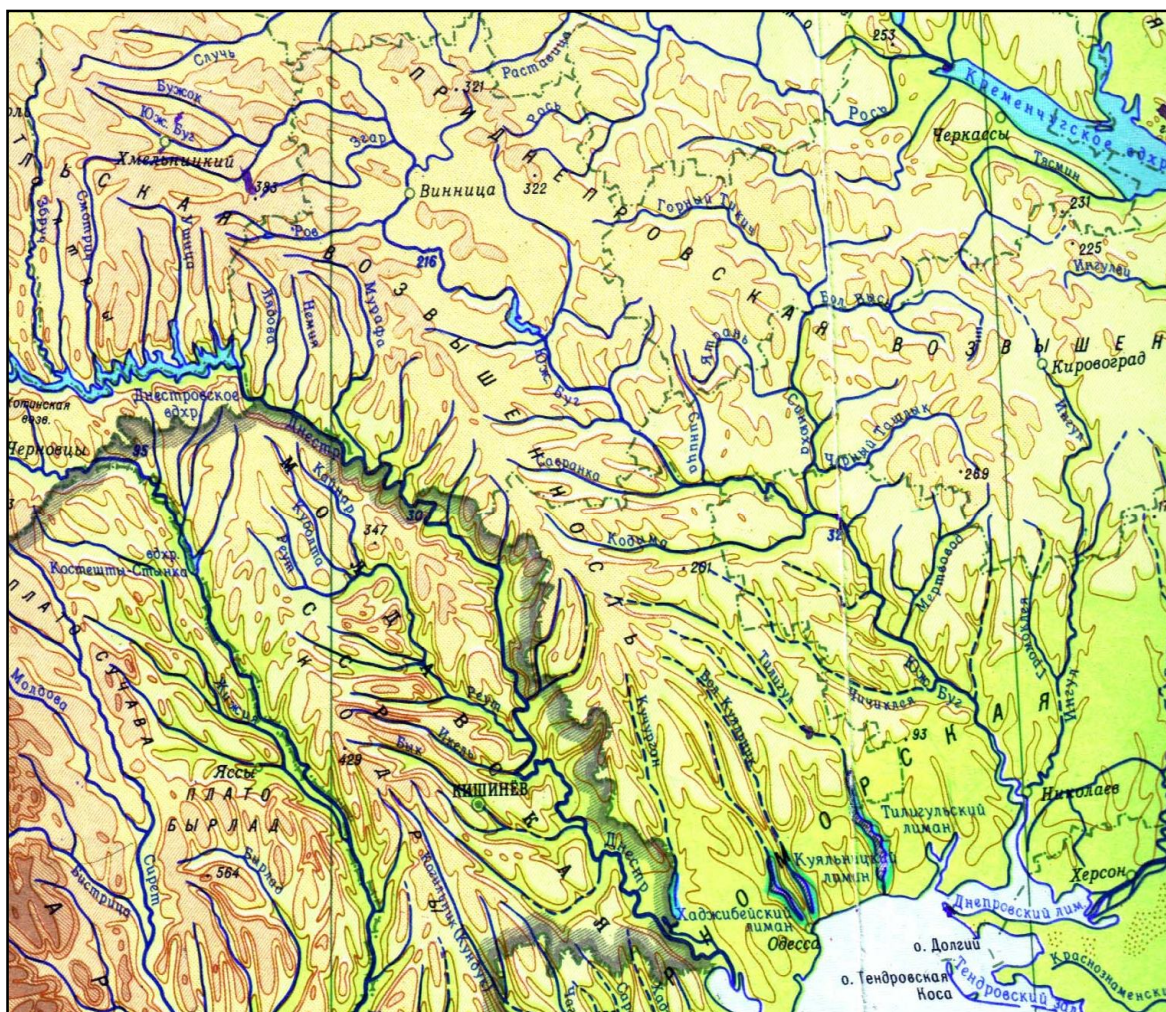


Рисунок 1.1 – Карта фізико-географічного положення басейну р.Південний Буг [1].

## 1.2 Ґрунти і рослинність

*Ґрунт.* До ґрунтоутворюючих порід зони Лісостепу в межах даного басейну відносяться продукти вивітрювання крейдяних мергелів, четвертинні відкладення, що виходять на поверхню, піщаників, третинних вапняків, щільні глини і піски, а також продукти вивітрювання магматичних порід в межах поширення Українського кристалічного щита.

З четвертинних відкладень більш поширені леси і лесовидні породи різного генезису, механічного складу та різної міри карбонатності. Леси

залягають двома-трьома ярусами на лесових рівнинах. За механічним складом вони бувають пиловато - легкосуглинисті.

З четвертинних відкладень у ґрунтоутворюючих породах поширені також алювіальні і делювіальні відкладення [1].

Делювіальні відкладення розвинені на річкових долинах і долинах балок. Алювіальні відкладення зазвичай поширені в заплавах терасах, де часто мають легкий (супіщаний, піщаний) механічний склад, особливо на Українському Кристалічному щиті.

У долинах Південного Бугу ґрунти формуються на сучасних і старих алювіальних відкладеннях механічного складу.

Серед старих відкладень переважають піски і сучасний алювій переважно суглинний. Пануючими ґрунтами в південних районах басейну річки (зона лісостепу) є чорноземи. У заплавах Південного Бугу значне поширення мають супіщані та піщані алювіальні відкладення [1].

Карбонатність ґрунтоутворюючих порід в умовах непромивного водного режиму зумовили високу насиченість чорноземів кальцієм.

Рослинність. В межах лісостепової зони знаходиться велика частина басейну Південного Бугу. По географічному районуванню ця територія включає наступні округи: Дністровсько - Бугський з дубовими лісами і луговими степами, правобережно-південно-західний з дубовими і грабово-дубовими лісами, лугові степи. Центральнo-подільський з грабово - дубовими, степові ділянки майже не збереглися, Правобережно - центральний (з грабовими та дубовими лісами і луговими степами). Правобережно – північно - західний (з дубовими і грабово - дубовими лісами, лугами і луговими степами) [1].

Територія характеризується сильною рослинністю, поширенням крутосклоних поверхонь, переважанням великих площ зернових культур, стрімким сніготаненням і частковими льодовиками. Близько 60-70% всіх округів зачеплено процесами змивання. Природна рослинність займає лише 12% всій площі, на ліси 11%, близько 1% доводиться на луги і 0,5%

на болота. Степи збереглися лише на дуже незначних, непридатних ділянках ґрунту [1].

Грабово-дубові ліси поширені лише в північних округах та складають майже 30% всіх лісів. Вони займають пологі схили і вододіли з ясно сірими ґрунтами.

Дубові ліси з округу Дністровсько - Бугського складають близько 15% всіх лісів. Приурочені ці ліси до південних схилів і вододілів.

Луги на даній території збереглися лише в заплавах Південного Бугу, де вони займають близько 30% площі. Представлені вони в основному болотистими лугами. Справжні луги складають близько 60% всіх лугових масивів. Найбільші їх площі зосереджені в заплавах середнього перебігу річки. Болотисті луги складають близько 30% всіх лугових масивів. Вони характерніші для заплав верхньої течії річки [1].

### **1.3 Кліматична характеристика річкового басейну**

Територія описуваного району представляє собою складну в кліматичному відношенні місцевість. Карпати у формуванні клімату, грають велику роль, що знаходяться у південно-західній частині України. Висота над рівнем моря, велика пересіченість місцевості, напрям і експозиція схилів - все це сприяє своєрідному розподілу метеорологічних елементів у горах.

Опис кліматичних умов району досліджуваної території та середньо багаторічні метеорологічні та агрокліматичні характеристики надані за такими літературними джерелами та довідниками [4,5,6,7,8].

У холодний період року посилюється роль циркуляційного чинника. Вересень - жовтень починає виявляти дії відрогів підвищеного тиску, орієнтованих зі сходу. Тут вони обумовлюють похмуру погоду біля 0°C, опадами, що мжичать туманами і ожеледдю. Взимку циклони, що переміщуються від Середземного до Чорного морів, на вітряних південно-

західних і західних схилах Карпат викликають інтенсивні снігопади і хуртовини. Північно-західні і західні циклони проходять по північних ділянках території, обумовлюючи інтенсивні завірюхи, снігопади та сильний поривчастий вітер.

Перехід теплого сезону характеризується ослабленням відрогів східних антициклонів, поступовим припиненням арктичних дій і посиленням відрогів Азорського антициклону [9]. У зв'язку зі зміною повітряних мас тут весна не стійка - суха тепла погода змінюється на прохолодну і супроводжується дощем.

У літку найбільшого розвитку досягають відроги і ядра Азорського антициклону, з якими зв'язані періоди жаркої та сухої погоди. При цьому над рівнинними районами території відбувається інтенсивна трансформація повітря [9].

Восени здійснюється перехід від літніх процесів до зимових. З другої декади жовтня і в листопаді через Україну зазвичай проходять циклонні утворення північного заходу, заходу і південного заходу, обумовлюючи сильний вітер, опади та ожеледь .

Південні райони омиваються Чорним морем, яке впливає на клімат прибережних районів: влітку температура повітря тут нижче, а взимку - вище, ніж у північних районах.

Температура повітря. Середня річна температура на даній території змінюється від 6,7°C на півночі до 8,5°C на півдні. Найхолодніший місяць січень. Середня температура його коливається від 5,6° до -4,8 °C. Абсолютний мінімум доводяться на січень і лютий місяць і досягають на півночі -32°C. Абсолютний максимум температури досягає 39°C. Весна починається з переходом температури повітря через 0°C і руйнування стійкого снігового покриву. Весна настає близько 11.03 на півдні, потім просувається на північ, куди личить близько 16-17.03. Найбільш жарка частина літа з середньою добовою температурою вище 15°C

продовжується 3-4 місяці, приблизно з другої декади (на півдні) до останньої декади серпня [1].

Настання осені пов'язане з переходом температури через  $10^{\circ}\text{C}$ . Триває осінь 2-3 місяці. У другій половині осіннього періоду можливі потепління, для пізньої осені характерна похмура погода. Протягом другої половини листопада осінь переважає нестійкою погодою, частими туманами, ожеледями та короткочасними утвореннями снігового покриву. Найбільш холодна частина зими збігається з переходом температури повітря через  $-5^{\circ}\text{C}$ , що зазвичай відбувається в першій декаді січня. Зима триває 2-3 місяці. Найбільш низькі температури спостерігаються дуже рідко, у виключно холодні зими і, як правило, поширюються на велику територію.

Абсолютний мінімум температури повітря більшою мірою, чим середні місячні і навіть середні мінімальні температури, залежить від місцевих умов, особливо від форми рельєфу. У замкнутих пониженнях рельєфу абсолютні мінімуми в зимові місяці можуть бути на декілька градусів нижче, ніж на поруч розташованих підвищеннях рельєфу. У теплий період року подібні відмінності зменшуються унаслідок меншої тривалості вихолодження в короткі літні ночі. У горах на розподілі абсолютних мінімумів позначаються інверсії температури [1].

Абсолютні максимальні температури змінюються від року до року в меншій мірі, чим мінімальні.

В період крутого підйому температури (березень – травень) абсолютні її максимуми спостерігаються зазвичай у кінці місяця, а в періоди пониження температури восени – на початку місяця.

Абсолютний максимум в північній частині водозбору спостерігався в серпні -  $37^{\circ}\text{C}$ , в центрі -  $38^{\circ}\text{C}$ , в липні і серпні, а в південній частині -  $39^{\circ}\text{C}$  в червні і в серпні [10].

Настання першого морозу в ґрунті значно запізнюється, порівняно з повітрям. Восени ж морози в ґрунті припиняються раніше, ніж у повітрі.

*Опади.* Атмосферні опади відрізняються значною мінливістю по роках. Річні суми опадів вагаються від 570 мм на півдні до 654 мм на півночі. В окремі періоди можуть спостерігатися засухи.

На даній території в перебігу всього року атмосферні опади визначаються головним чином циклонною діяльністю. У літній період істотну роль грають і внутрішньо масові опади, пов'язані з розвитком конвекції. На побережжі Чорного моря випадає найменша кількість опадів.

У Південному степу за рік випадає 400 мм опадів, а на самому побережжі Чорного моря - близько 300 мм.

Південно-західні схили отримують приблизно на 100 мм більше, ніж північно-східні на тих же висотах.

З річної кількості опадів на фактичний холодний період доводиться приблизно 20 - 25%, а на теплий 75 - 80% річної суми опадів. У теплий період кількість опадів змінюється від 200 мм на крайньому півдні до 400 - 500 мм на заході, тобто кількість опадів зменшується з північного заходу на південний схід більш ніж у два рази. На західному і частково південному навітряних схилах Волино - Подільської піднесеності опадів випадає помітно більше, ніж в навколишніх районах. На Україні спостерігається континентальний тип річного ходу опадів з максимумом влітку. Місяцями з найменшими сумами опадів є лютий і березень Південного берега. У місяць максимуму опадів їх кількість по території вагається в межах 40-160 мм, у місяць мінімуму переважає кількість опадів 20-100 мм. Середня річна амплітуда опадів (різниця між максимальною і мінімальною середньою місячною сумою ) вагається від 20 до 120 мм. Зміна місячних сум опадів по території в холодний період року менше, ніж у теплий [1].

У рівнинній частині України кількість опадів, що випали за добу, складає 150-175 мм в різних фізико-географічних зонах. На побережжі абсолютні максимуми за добу складають найменші суми в порівнянні з іншими районами України, а саме 110 - 150 мм.



Кількість опадів характеризується заввишки шаруючої води (у міліметрах), зростає і туман, сніг, що розтанув, граду, снігової крупи за відсутності стоку, а також просочування і випаровування.

Розподіл опадів по території залежить не лише від загально циркуляційних чинників, але й від підстильної поверхні. Вплив на розподіл опадів роблять висота місця, форми наявності лісових масивів, водоймищ і річкових долин. Максимум зазвичай доводиться на навітряний схил або вершину піднесеності або гори [1].

*Сніговий покрив.* Загальна кількість опадів, що досягають ґрунту за певний період часу виражається висотою шару яким вони покрили б горизонтальну проекцію земної поверхні за умови, що та частина опадів, яка випала у вигляді снігу або льоду, розтанула [10].

Сніговий покрив в межах описуваної території характеризується значною нестійкістю. Середнє число днів з сніговим покривом складає 82 дні. Середня дата появи стійкого снігового покриву 27.12, руйнування 6.03. У певні зими він практично відсутній. У холодний період року сніговий покрив досягає великої висоти і стійко стримується тривалий час. Стійким він буває також і на північному сході лісостепу, але в напрямі на південь його висота і тривалість швидко зменшуються. У степу і на крайньому півдні стійким сніговий покрив утворюється не щозими і тримається недовго. Сніговий покрив є чинником, що робить істотний вплив на формування клімату в зимовий сезон, головним чином унаслідок великої відбивної здатності поверхні снігу. Він добре захищає ґрунт від холодів силу малої теплопровідності снігу. Тому глибина промерзання ґрунту під сніговим покривом, якщо зимові морози почалися після його освіти, завжди невелика [1].

Сніговий покрив є важливим джерелом зволоження ґрунту весною. Весняне танення снігу в умовах України викликає водопілля, що грає велику роль в режимі поверхневих вод і в господарському житті. Мінімальні температури повітря в зонах Полісся і лісостепу бувають в

окремі роки 34-40°C, а в східній частині степової зони знижуються до 40-42°C.

В середньому в степовій зоні руйнування стійкого снігового покриву відбувається в кінці лютого - початку березня, в лісостеповій зоні - в середині березня. Середня тривалість періоду із стійким сніговим покривом в лісостепу складає 80-100 днів, а в степовій зоні 60 - 80 днів. Число снігового покриву змінюється від 115 до 20, убутання величин йде з півночі на південь.

#### 1.4 Гідрологічна вивченість і особливості режиму стоку річок

*Гідрологічна вивченість.* У басейні річки Південний Буг ведуться гідрологічні спостереження на 24 гідрологічних постах. Картосхема розташування гідрологічних постів в басейні р. Південний Буг наведена на рис. 1.2.

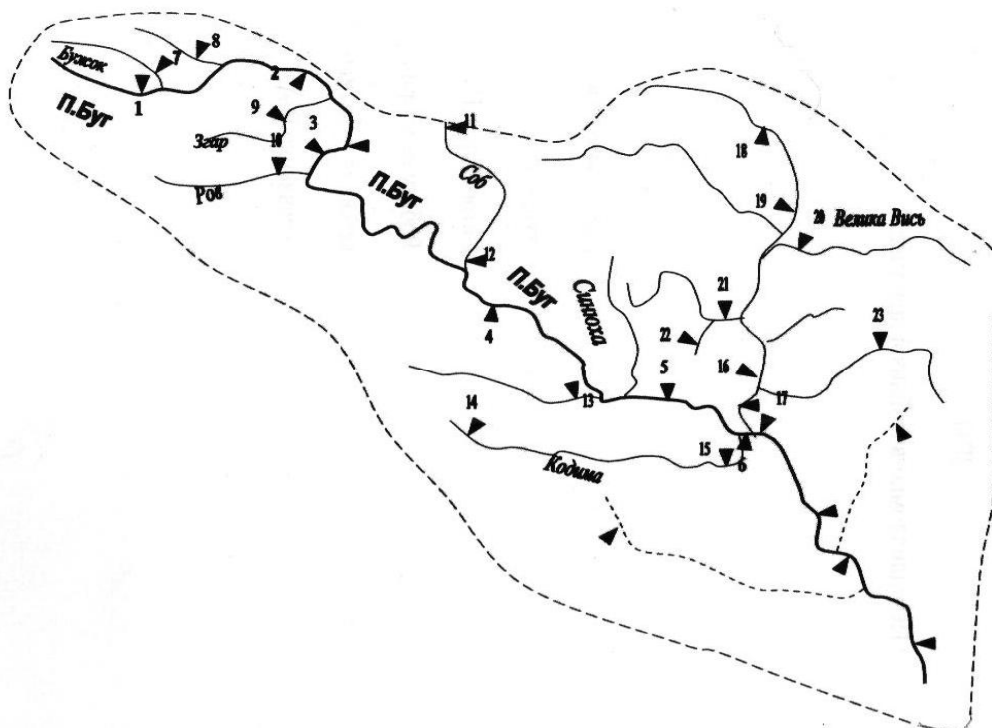


Рисунок 1.2 – Картосхема розташування гідрологічних постів в басейні р. Південний Буг

Основні гідрографічні характеристики басейну р. Південний Буг наведені у табл. 1.1.

По території вони розподілені нерівномірно. З них на головній річці розташовано 5 постів, по 2 пости на р.Соб, р.Синюха, р.Гнилий Тікіч, р.Чорний Ташлик, р.Кодима і по 1 посту на річках Іква, Згар, Велика Вись, Рів, Савранка, Велика Вись, Ятрань, Циганка. Розподіл постів за довжиною спостережень наведений у табл. 1.2. Найбільш тривалий період спостережень з 1916 по 2010 рр. відмічений на р.Рів – с.Демидівка, найбільш короткий (1955 – 1975 рр.) відмічений на р. Гнилий Тікіч – с.Лоташевська.

Враховуючи вимоги [11] європейських стандартів та ВРД ЄС стосовно дослідження річкової мережі, в даному розділі виконана класифікація річок за площею водозборів та визначена їх категорія. Розподіл постів за площею водозборів наведений у табл. 1.3.

Ухили річок коваються в межах від 0,3‰ до 4,4‰. Заліснення водозборів змінюється від 1% до 19%.

Таблиця 1.1 – Основні гідрографічні характеристики басейну р. Південний Буг

№ поста	Річка – пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$L$ , км	$I$ , ‰	$H$ , м	$f_b$ , %	$f_l$ , %
1	Південний Буг - с.Пирогівці	827	76	0,6	320	3	8
2	Південний Буг - с.Лелітка	4000	152	0,3	320	5	8
3	Південний Буг - м.Сабарів	9010	235	0,3	310	6	11
4	Південний Буг – с.Тростянчик	17400	436	0,3	310	4	11
5	Південний Буг - с.Підгір'я	24600	587	0,4	-	3	14
6	Південний Буг – Первомайська ГЕС	27300		0,4		3	10
7	Бужок - смт Меджибіж	698	72	0,6	320	7	1
8	Іква - смт Стара Синява	439	45	0,7	310	4	5
9	Згар - смт Літин	692	59	0,7	320	11	13
10	Рів – с.Демидівка	1130	97	0,7	310	4	12
11	Соб - с.Зозів	92,5	13	2,9	290	0	3

## Продовження таблиці 1.1

№ поста	Річка – пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$L$ , Км	$I$ , ‰	$H$ , М	$f_b$ , %	$f_l$ , %
12	Соб – Дмітренківська ГЕС	2840		0,7	240	<1	10
13	Савранка - с.Осички	1740	91	1,1	200	2	15
14	Кодима - с.Обжила	145	12	4,0	230	2	19
15	Кодима - с.Катеринка	2390	137	0,6	170	<1	11
16	Синюха – с. Червонохуторська	16500		0,6	190	1	5
17	Синюха - с.Синюхин Брід	16700	99	0,6	190	1	5
18	Гнилий Тікіч – смт Лисянка	1450	82	0,7	210	<1	5
19	Гнилий Тікіч – с.Лоташевська	3140		0,6	200	<1	10
20	Велика Вись - с.Ямпіль	2820	156	0,3	180	1	3
21	Ятрань - с.Покотилове	2140	99	1,3	200	<1	7
22	Циганка - с.Червонопілля	248	16	4,4	180	1	12
23	Чорний Ташлик – с.Піщаний Брід	1830	66	1,0	200	<1	2
24	Чорний Ташлик - с.Тарасівка	2230	117	0,8	200	<1	2

Таблиця 1.2 – Розподіл постів за довжиною спостережень в басейні р. Південний Буг

Кількість років спостережень					
<20	20 – 40	40 – 60	60 – 80	>80	Усього
0	7	6	10	1	24

Таблиця 1.3 – Розподіл постів за площею водозборів в басейні р. Південний Буг

Площа, км <sup>2</sup>				Усього
10-100 малі	100-1000 середні	1000-10000 великі	>10000 дуже великі	24
1	6	12	5	

*Характеристика гідрографічної мережі.* Природні умови, в першу чергу клімат, рельєф, геологічна будова і гідрогеологічні особливості зумовили основні риси мережі гідрографії на території Західної України. До складу району входить ряд різних в орографічних і кліматичних частин: Східні Карпати, Волино - Подільська, Бесарабська і Придніпровська, а також Причорноморська низовина. Добре розвинена річкова мережа на Волино - Подільській піднесеності; густина її відповідно дорівнює 0,7 – 0,8 і 0,3 км/км<sup>2</sup>.

Рівнинна – степова частина території, де опадів мало і клімат сухий, значно бідніше річками. Густина річкової мережі складає тут всього 0,1 – 0,3 км/км<sup>2</sup>, а в низов'ях Дністра (по лівобережжю) і Південного Бугу 0,06 – 0,083 км/км<sup>2</sup>; зустрічаються безстічні простори загальною площею, що перевищує 600 км<sup>2</sup>.

Басейн Південного Бугу розташований на Волино-Подільській і Придніпровській височинах; нижня частина басейну знаходиться на Чорноморській низовині. Форма басейну неправильна, грушовидна у верхів'ї різко звужена; у середній і нижній частині басейн різко асиметричний.

Середня висота водозбору у верхів'ях 500 – 320 м, в пониззі 50 - 20 м. Річкова мережа має видний рисунок; середня густина її близько 0,35 км/км<sup>2</sup>, в басейнах деяких річок перевищує 0,6 – 0,7 км/км<sup>2</sup> [1].

Більше 97% водоймищ є неглибокими озерами, водосховищами і ставками невеликих розмірів з площею повного дзеркала в межах 0,1 – 0,5 км<sup>2</sup>. Заплавні озера в основному малих розмірів, проте, зустрічаються, але великі в десятки і сотні гектарів; одні з них округлі, вальні, інші — вузькі, витягнуті. Залежно від фази водного режиму глибина їх піддається істотним змінам. Найбільш повноводні вони навесні, влітку сильно усихають.

Проте в окремих водоймищах навіть влітку зберігаються глибини, що перевищують 10 - 12 м. Дно їх переважно піщане, покрите мулом різної потужності. Фізико - географічні умови не сприяють розвитку боліт в описуваному районі. Болота і заболочені землі розподілені по території

вельми нерівномірно і характер їх різний. Торф'яні болота зустрічаються дуже рідко (заплави Південного Бугу, Інгулу); площа їх від 12 га до 612 га (переважають до 100 га). Максимальна потужність торф'яного покладу 1,5 м, середня - менше 1,0 м [1].

### **1.5 Водний режим річки Південний Буг**

Основну частину водних ресурсів України становлять поверхневі води, які формуються та існують безпосередньо на земній поверхні, тобто води природних (озер) та штучних водойм, водотоків. Інтегральною характеристикою водних ресурсів значних територій є річний стік їхніх річок [12].

Безпосередньо на території країни формується 51 км<sup>3</sup> води, а решту складають води які утворюються за межами країни та протікають через Україну транзитом.

Поверхневі водні ресурси впливають на стан навколишнього середовища, вони забезпечують існування людей та тваринного й рослинного світу, пов'язані із соціальним середовищем суспільства і здоров'ям людини. Використання водних ресурсів в Україні є одним з найбільш високих у світі й складає до 100 % тегногенного перетворення поверхневих вод і до 10-20% підземних. Проте водні ресурси є обмеженими й уразливими. В умовах нарощування антропогенних навантажень на природне середовище, розвитку суспільного виробництва виникає необхідність раціонального використання та екологічно спрямованого їх захисту [12].

На території України нараховується 63119 річок і струмків загальною довжиною понад 206 тис. км. До великих річок України належить р. Південний Буг [13].

Басейн Південного Бугу розташований на Волино-Подільській і Придніпровській височинах, нижня частина басейну – на

Причорноморській низовині. Річкова сітка має деревоподібну структуру, середня густина її – близько  $0,33 \text{ км/км}^2$ . Це єдина велика річка, басейн якої повністю розміщений в межах України. Характерною особливістю басейну, що виділяє його з-поміж інших великих річок, є дуже велика зарегульованість стоку штучними водоймами [13].

Головними притоками Південного Бугу є річки Синюха та Інгул.

*Загальна характеристика водного режиму і живлення річки.*

Водний режим визначається кліматичними, гідрогеологічними, орографічними і гідрографічними особливостями території. Досліджуваний район знаходиться в різко змінних кліматичних і орографічних умовах, у зв'язку з чим процеси формування стоку на різних його частинах вельми складні і обумовлюють істотні відмінності у водному режимі. Літня і зимова межінь на цих річках характеризується стійкістю, маловодістю і значною тривалістю; осінні підйоми спостерігаються після обложних дощів. Інколи межінь порушується невеликими дощовими паводками. Річний хід рівня на річках різних гідрологічних районів неоднаковий.

Мінералізація вод різко збільшується в межінь у порівнянні з періодом весняного водопілля: склад води з карбонатно-сульфатного змінився на сульфатний, сульфатно - хлоридний і хлоридний.

Жорсткість річкових вод змінюється відповідно загальній мінералізації в різних ландшафтних районах території та в різні сезони року.

*Вплив кліматичних умов на водний режим річок.* Кліматичні умови безпосередньо впливають на повний режим річки Південний Буг. На даній річці спостерігається взаємозв'язок кліматичних умов зі стоком річки. В період від'ємних температур спостерігається інтенсивне щоденне випадіння твердих опадів і що лише один раз уривається рідкими. У період підвищення температури повітря спостерігається середній за густиною льодохід і заторні явища. Танення льоду і снігу призводить до формування короткочасної

повені. Подальше формування літньо - осінніх і зимових паводків, проходить за рахунок атмосферних опадів. Поряд з ним на річці спостерігається лише три періоди короткочасної межіні в січні, липні і вересні. Стійкий льодостав починається в січні і закінчується в середині лютого.



## 2 ІСНУЮЧІ МЕТОДИ ГІДРОЛОГІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ РІЧНОГО СТОКУ

При вивченні процесів стоформування необхідно враховувати складну взаємодію метеорологічних чиників і чиників підстильної поверхні. Від них залежить режим стоку.

Стік у широкому розумінні – це головний елемент материкового глобального кругообігу речовини та енергії. Стік води (водний стік) – це одночасно й процес стікання води в річкових системах і характеристика кількості води, що стікає [14]. Стік води – один із найважливіших фізико-географічних і геологічних факторів, вивчення якого є головним завданням гідрології [15,16]. До основних характеристик стоку води належать витрата води, об'єм стоку, шар стоку, модуль стоку та коефіцієнт стоку.

Найголовнішою з характеристик стоку води річки і єдиною яка вимірюється, є витрата води [16,17].

Однією з головних характеристик водних ресурсів річок є норма стоку. Норма стоку може бути виражена як середньорічна витрата води  $\bar{Q}$  м<sup>3</sup>/с, середній річний об'єм стоку  $W$  в м<sup>3</sup> або км<sup>3</sup>, середній річний модуль стоку  $\bar{q}$  в л/скм<sup>2</sup>, середній річний шар стоку  $\bar{Y}$  в мм, віднесений до площі водозбору  $F$  км<sup>2</sup>. Важливість значення норми річного стоку полягає у тому, що вона є базовою та стійкою характеристикою водних ресурсів даного регіону.

Багаторічний ряд спостережень, за яким визначається норма стоку, повинен включати не менше двох повних циклів коливань водності.

Цикли водності складаються з двох фаз – багатоводної та маловодної.

### 2.1 Розрахунок статистичних параметрів річного стоку при наявності тривалих рядів спостережень

Норма річного стоку при тривалому періоді спостережень ( $N$  років) визначається як середньоарифметичне значення річних величин стоку:

$$\bar{q}_N = \frac{q_1 + q_2 + \dots + q_{n-1} + q_n}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N q_i}{N}, \quad (2.1)$$

де  $q_1, q_2, \dots, q_n$  – середньорічні величини стоку;

$N$  – кількість років спостережень.

Внаслідок недостатньої тривалості фактичних рядів спостережень за річним стоком, які частіше за все, не перевищують 60-80 років та складають 20 - 40 років, норма річного стоку, розрахована за формулою (2.1), буде відрізнятися від істинного середнього значення  $\bar{q}_N$  при  $N \rightarrow \infty$  на деяку величину  $\sigma_{q_n}$ , тобто

$$\bar{q}_n = \bar{q}_N \pm \sigma_{q_n}, \quad (2.2)$$

де  $\bar{q}_n$  - середня величина річного стоку за обмежений період спостережень ( $n$  років);

$\sigma_{q_n}$  - середня квадратична похибка  $n$ -річної середньої.

Для оцінки точності визначення норми стоку річок використовують відносне значення середньої квадратичної похибки. Так, якщо виразити  $\sigma_{q_n}$  у відсотках від  $\bar{q}_n$ , то отримаємо відносну середню квадратичну похибку норми стоку, яка розрахована за обмеженим рядом спостережень  $n$  років:

$$\sigma_n = \pm \frac{\sigma_q}{\bar{q}_n \sqrt{n}} \cdot 100\% = \pm \frac{100C_v}{\sqrt{n}} \%, \quad (2.3)$$

де  $C_v = \frac{\sigma_q}{\bar{q}_n}$  - коефіцієнт варіації річних величин стоку за  $n$  років спостережень, прийнятих для визначення норми стоку.

Коефіцієнт варіації рекомендується визначати за методом моментів:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^2}{n-1}}, \quad (2.4)$$

де  $K_i = \frac{q_i}{\bar{q}_n}$  - модульний коефіцієнт.

Стандартна похибка коефіцієнта варіації  $\sigma_{C_v}$  обчислюється за формулою:

$$\sigma_{C_v} = \sqrt{\frac{1 + C_v^2}{2n}} 100\%. \quad (2.5)$$

Випадкові середні квадратичні помилки вибірових середніх визначаються за наближеною залежністю:

$$\sigma_{\bar{q}} = \frac{\sigma_q}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{1+r_1}{1-r_1}} \quad (2.6)$$

яка застосовується при коефіцієнтах автокореляції між суміжними членами ряду ( $r_1 \leq 0.5$ ).

При коефіцієнтах автокореляції ( $r_1 \geq 0.5$ ) використовується формула:

$$\sigma_{\bar{q}} = \frac{\sigma_q}{\sqrt{n}} \sqrt{1 + \frac{2}{n} \cdot \frac{r_1}{1-r_1} \cdot n \cdot \frac{1-r_1^n}{1-r_1}}, \quad (2.7)$$

де  $r_1$  - коефіцієнт кореляції між суміжними величинами стоку.

У свою чергу  $r_1$  розраховується за формулою:

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (q_i - \bar{q}_1) \cdot (q_{i+1} - \bar{q}_2)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} (q_i - \bar{q}_1)^2 \cdot \sum_{i=2}^n (q_i - \bar{q}_2)^2}}, \quad (2.8)$$

$$\text{де } \bar{q}_1 = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{q_i}{n-1}; \quad \bar{q}_2 = \sum_{i=2}^n \frac{q_i}{n-1}.$$

Для більшої частини території СНГ норма річного стоку розраховується як його середнє значення за такою тривалістю спостережень, при якій воно є достатньо стійким для практичних розрахунків, тобто з похибкою не більше 5% (для зони достатнього зволоження), або 10% (для зони недостатнього зволоження), та з похибкою коефіцієнта варіації  $\sigma_{C_v} \leq 15\%$ .

## 2.2 Вибір розрахункового періоду для визначення норми річного стоку. Методи згладжування хронологічних рядів

Циклічність коливань річного стоку тієї чи іншої річки можна досліджувати за хронологічними графіками.

Однак ці календарні графіки зміни річних величин стоку не завжди дають достатньо повне уявлення про циклічні коливання стоку, внаслідок наявності малих циклів на загальному фоні багаторічних коливань водності річки.

Наявність достатньо суттєвих випадкових коливань річного стоку заважає виявленню закономірностей їх часового ходу, які виражені у формі довготривалих циклів зміни річного стоку.

Для виявлення таких циклів застосовуються засоби згладжування або фільтрації.

### 2.2.1 Метод різницевих інтегральних кривих

Різницеві інтегральні криві відхилень річних величин стоку від його середнього значення будують у відносних величинах, тобто у модульних коефіцієнтах. Для побудування такої кривої послідовно сумують відхилення модульних коефіцієнтів хронологічного ряду від їх середнього багаторічного значення, який дорівнює одиниці.

Поточні ординати різницевої інтегральної кривої на кінець  $t$ -го року від початку побудування кривої визначають за рівнянням:

$$\sum_{i=1}^t (K_i - 1) = f(t), \quad (2.9)$$

де  $K_i$  - модульний коефіцієнт.

При побудуванні різницевої інтегральної кривої розраховують наростаючу суму відхилень з урахуванням знаку.

Різницева інтегральна крива має ту властивість, що тангенс кута  $\alpha$  прямої, яка поєднує дві точки інтегральної кривої із віссю абсцис, характеризує середню величину підінтегральної функції за період  $m$  років, тобто:

$$\operatorname{tg} \alpha = (K_i - 1)_{cp} = \frac{l_k - l_n}{m}, \quad (2.10)$$

де  $l_k, l_n$  - відповідно кінцева та початкова ординати інтегральної кривої для періоду часу, який розглядається;

$m$  – число років у періоді часу.

Період часу, для якого об'єднуюча пряма лінія інтегральної кривої відхиляється вгору відносно осі абсцис та значення  $(K_i - 1)_{cp}$  позитивне, відповідає багатоводній фазі коливань стоку.

Період же, для якого об'єднуюча лінія нахилена вниз та  $(K_i - 1)_{cp}$  має негативне значення, відповідає маловодній фазі.

### **2.3 Обчислення статистичних параметрів річного стоку при коротких рядах спостережень**

Короткими вважають ряди, які не задовольняють принципу репрезентативності, тобто не мають повних циклів коливань водності, а середня квадратична похибка середнього значення ряду не перевищує  $\pm 10\%$ . Відповідно СНіП 2.01.14-83 у таких випадках виконується приведення статистичних параметрів розподілу до багаторічного періоду за допомогою річок-аналогів, які мають тривалі ряди спостережень за стоком і відповідають вимогам репрезентативності [17].

При виборі річки-аналога необхідно дотримуватись таких вимог:

- щоб розрахункова річка і річка-аналог знаходилися у безпосередній географічній близькості;
- схожості кліматичних умов;
- однорідності умов формування стоку;
- синхронності коливань річного стоку на досліджуваних водозборах;
- щоб площі водозборів не відрізнялися більше, ніж в 10 разів, а їх середні висоти (для гірських річок) – більше, чим на 300 м;
- щоб періоди спільних спостережень за стоком на досліджуваних річках були не менше ніж 10 років.

Об'єктивним критерієм правильності вибору річки-аналога є досить тісний зв'язок між характеристиками стоку за період спільних

спостережень, який характеризується коефіцієнтом кореляції  $r$  (за умови  $r \geq 0.7$ ).

За аналог можуть бути прийняті один або декілька пунктів, які відповідають вищенаведеним умовам.

Приведення статистичних параметрів річного стоку до багаторічного періоду за наявності одного аналога виконується графічним, аналітичним, графо-аналітичним способом або за методом коефіцієнтів.

### **2.3.1 Приведення статистичних параметрів річного стоку коротких рядів спостережень до багаторічного періоду графічним способом**

В основу метода покладено графік зв'язку значень річного стоку розрахункової річки та річки-аналога за період спільних спостережень (не менше, ніж 10 років).

Залежність вважається задовільною, якщо відхилення точок від лінії зв'язку не перевищує  $\pm 10\%$ , а коефіцієнт кореляції між стоком досліджуваних річок не менше, ніж 0.7.

Коефіцієнт кореляції  $r$  визначається за формулою:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (q_i - \bar{q})(q_i^a - \bar{q}^a)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2 \sum_{i=1}^{n-1} (q_i^a - \bar{q}^a)^2}}, \quad (2.11)$$

де  $q_i, q_i^a$  - середньорічні модулі стоку за період спільних спостережень на досліджуваній річці та за річкою-аналогом;

$\bar{q}, \bar{q}^a$  - відповідно середні багаторічні модулі стоку;

$n$  - число років спільних спостережень.

При прямолінійному зв'язку норма стоку короткого ряду визначається безпосередньо по графіку через норму стоку річки-аналога.

При наявності нелінійних зв'язків річного стоку, що обумовлено характером коливань стоку у двох створах, необхідно мати більш тривалий ряд спільних спостережень (більш, ніж 10-20 років). У цьому випадку графік зв'язку використовується для подовження ряду по роках з подальшим обчисленням норми по відновленому ряду.

Коефіцієнт варіації ряду, приведеного графічним способом, обчислюється за формулою:

$$C_v = A \frac{\bar{q}_n^a}{\bar{q}_n} C_v^a, \quad (2.12)$$

де  $\bar{q}_n^a, C_v^a$  - статистичні параметри річного стоку річки-аналога за багаторічний період;

$\bar{q}_n, C_v$  - статистичні параметри приведеного ряду.

Співвідношення коефіцієнта асиметрії та варіації приймається за осередненими даними групи річок гідрологічного району, де розташована досліджувана річка, з тривалими рядами спостережень.

Похибка норми річного стоку короткого ряду, приведеного до багаторічного періоду за допомогою графіків зв'язку, розраховується за формулою [17]:

$$\sigma_{\bar{q}_n} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}, \quad (2.13)$$

де  $\sigma_1$  - похибка обчислення норми річного стоку річки-аналога, яка визначається за формулою (2.3);

$\sigma_2$  - похибка кореляції стоку за період спільних спостережень, обчислена за рівнянням:



$$\sigma_2 = \frac{C_v \sqrt{1-r^2}}{\sqrt{n}}, \quad (2.14)$$

де  $C_v$  - коефіцієнт варіації річного стоку для розрахункового створу.

### 2.3.2 Приведення статистичних параметрів коротких рядів спостережень до багаторічного періоду графо-аналітичним методом

Відповідно до графо-аналітичного методу статистичні параметри короткого ряду  $\bar{q}_n, C_v, C_s$  обчислюються через характерні ординати згладженої кривої забезпеченості (5%, 50%, 95%) на підставі кореляційної залежності за спільний період спостережень.

Приведення виконується за схемою.

Значення річного стоку за багаторічний період спостережень по річці-аналогу розташовують в порядку убутання та визначають їх забезпеченість за формулою:

$$P = \frac{m}{N+1} \cdot 100\%, \quad (2.15)$$

де  $m$  – порядковий номер ранжованої вибірки;

$N$  – довжина ряду.

На підставі цих даних на клітчатці імовірності будується емпірична крива забезпеченості річного стоку річки-аналога, яка згладжується. З неї знімають опорні ординати  $q_{5\%}^a, q_{50\%}^a, q_{95\%}^a$ .

Використовуючи графік залежності річних модулів стоку розрахункової річки та річки-аналога, знаходять відповідні ординати кривої забезпеченості досліджуваної річки  $q_{5\%}, q_{50\%}, q_{95\%}$ .

Статистичні параметри короткого ряду розраховують за відновленими ординатами.

Спочатку обчислюється коефіцієнт скошеності  $S$ :

$$S = \frac{q_{5\%} + q_{95\%} - 2q_{50\%}}{q_{5\%} - q_{95\%}} \quad (2.16)$$

За спеціальною таблицею відповідно  $S$  встановлюють коефіцієнт  $C_s$ . Середньоквадратичне відхилення  $\sigma_q$  розраховується за формулою

$$\sigma_q = \frac{q_{5\%} - q_{95\%}}{t_{5\%} - t_{95\%}}, \quad (2.17)$$

де  $t_{5\%}, t_{95\%}$  - ординати нормованої кривої біноміального розподілу, які визначаються в залежності від  $S$  по спеціальним таблицям.

Середньобагаторічне значення (норма) річного стоку обчислюється за рівнянням

$$\bar{q}_n = q_{50\%} - \sigma_q \Phi_{50\%}, \quad (2.18)$$

Коефіцієнт варіації  $C_v$  знаходиться через співвідношення (2.7) та (2.8), тобто:

$$C_v = \frac{\sigma_q}{\bar{q}_n}. \quad (2.19)$$

### 2.3.3 Аналітичний спосіб приведення статистичних параметрів річного стоку

Приведення норми річного стоку коротких рядів до багаторічного періоду виконується на підставі рівняння лінійної регресії. При цьому необхідно мати на увазі, що:

- період спільних спостережень повинен бути не менше, ніж 10-15 років;
- коефіцієнт кореляції річного стоку досліджуваної річки та річки-аналога  $r \geq 0.7$ ;
- відношення коефіцієнта регресії  $K$  до його середньоквадратичної похибки дорівнює  $K / \sigma_k \geq 2.0$ .

Коефіцієнт регресії обчислюється за формулою:

$$K = \frac{r \cdot \sigma}{\sigma^a}, \quad (2.20)$$

де  $\sigma$  та  $\sigma^a$  – середні квадратичні відхилення значень річного стоку дослідженої річки та аналога за спільний період спостережень.

Похибка коефіцієнта регресії дорівнює:

$$\sigma_k = \frac{\sigma}{\sigma^a} \frac{1-r^2}{\sqrt{n-1}}, \quad (2.21)$$

Запишемо рівняння лінійної регресії для норми річного стоку:

$$\bar{q}_N = \bar{q}_n + r \frac{\sigma}{\sigma^a} (\bar{q}_N^a - \bar{q}_n^a), \quad (2.22)$$

де  $\bar{q}_N$  та  $\bar{q}_N^a$  – середні багаторічні значення (норми) модулів річного стоку досліджуваної річки та аналога;

$\bar{q}_n, \bar{q}_n^a$  - відповідні середні значення стоку за період спільних спостережень  $n$ .

Коефіцієнт кореляції розраховується за формулою (2.1).

Середньоквадратичні відхилення значення річного стоку  $\sigma$  та  $\sigma^a$  встановлюються за відповідними формулами:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2}{n-1}} \quad (2.23)$$

$$\sigma^a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q^a_i - \bar{q}^a)^2}{n-1}} \quad (2.24)$$

Коефіцієнт варіації приведенного ряду дорівнює:

$$C_v = \frac{\sigma}{\bar{q}_N} \sqrt{1 + r^2 \left( 1 - \frac{\sigma^a}{\sigma_N^a} \right)}, \quad (2.25)$$

де  $\sigma_N^a$  - середньоквадратичне відхилення модулів річного стоку ряду-аналога за багаторічний період спостережень  $N$  років.

Середня квадратична похибка приведенного значення норми річного стоку оцінюється за формулою:

$$\sigma_{\bar{q}_N} = \frac{100\sigma}{\bar{q}_N \cdot \sqrt{n}} \sqrt{1 + r^2 \left( \frac{n}{N} \frac{\sigma_N^a}{\sigma^a} - 1 \right)} \quad (2.26)$$

### 2.3.4 Приведення ряду до багаторічного періоду методом коефіцієнтів

Для розрахунку за цим методом спочатку визначається коефіцієнт кореляції між значеннями короткого ряду та ряду аналога за період сумісних спостережень. Якщо значення  $r \geq 0.7$ , то досліджується синхронність коливань стоку на двох постах. Для цього будуються хронологічні графіки коливань річного стоку. Якщо коливання синхронні, то можна записати

$$\frac{\bar{q}^a_N}{q^a_n} = \frac{\bar{q}_N}{\bar{q}_n}, \quad (2.27)$$

де  $\bar{q}^a_N$  та  $\bar{q}_N$  - середнє багаторічне значення річного стоку (норма) річки-аналога та короткого ряду, відповідно, а  $\bar{q}^a_n$  та  $\bar{q}_n$  - середнє значення річного стоку річки-аналога та короткого ряду за період сумісних спостережень  $n$ .

Позначимо співвідношення  $\frac{\bar{q}^a_N}{\bar{q}^a_n}$  як  $K_N$ , тоді для досліджуваного

короткого ряду можна визначити норму стоку за виразом:

$$\bar{q}_N = K_N \bar{q}_n \quad (2.28)$$

### 3 СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ СТОКУ В БАСЕЙНІ Р. ПІВДЕННИЙ БУГ

Відповідно рекомендаціям СНіП 2.01.14.83, статистичну обробку рядів середньорічних модулів стоку виконують з використанням методів моментів та найбільшої правдоподібності.

#### 3.1 Метод моментів

Для описування властивостей кривих розподілу широко використовуються початкові та центральні статистичні моменти [18].

Початковим моментом  $s$ -го порядку  $\alpha$  дискретної випадкової величини  $X$  є сума

$$\alpha_s = \sum_{i=1}^n x_i^s p_i. \quad (3.1)$$

Для безперервної випадкової величини сума (3.1) виражається через інтеграл, а

$$\alpha_s = \int_{-\infty}^{\infty} x^s f(x) dx. \quad (3.2)$$

Якщо прийняти  $s = 1$ , то (3.1) набуде вигляду

$$\alpha_1 = m_x = \sum_{i=1}^n x_i p_i. \quad (3.3)$$

Центральним моментом дискретних випадкових величин називається математичне очікування

$$\beta_s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^s p_i}{n}. \quad (3.4)$$

Для емпіричних розподілів замість  $m_x$  використовується  $\bar{x}$ , а

$$\beta_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^s. \quad (3.5)$$

При  $s=1$

$$\beta_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \bar{x} = 0, \quad (3.6)$$

тобто перший центральний момент дорівнює нулю.

При  $s=2$

$$\beta_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2. \quad (3.7)$$

Другий центральний момент характеризує розсіювання випадкової величини відносно середнього та носить назву дисперсії  $D_x$  [18].

Квадратний корінь з дисперсії, співпадаючий за розмірністю з ознакою випадкової величини, називається середнім квадратичним відхиленням або стандартом:

$$\sigma_x = \sqrt{D_x} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}. \quad (3.8)$$

За наявності обмежених вибірок, а вони найчастіше в гідрології не виходять за межі 40-50 років другий центральний момент має від'ємний зсув (систематичне заниження). Для його усунення в (3.8) вводиться поправка, з урахуванням якої отримують більш загальний вираз для  $\sigma_x$

$$\sigma_x = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n-1)}. \quad (3.9)$$

Для порівняння мінливості різномасштабних випадкових величин приймають безрозмірний параметр, отримавший назву коефіцієнта варіації або мінливості:

$$C_v = \sqrt{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^2 / (n-1)}. \quad (3.10)$$

При  $s=3$

$$\beta_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3. \quad (3.11)$$

Третій центральний момент характеризує ступінь несиметричності розподілу випадкової величини відносно математичного очікування. Будучи непарним, третій центральний момент може бути як додатним, так і від'ємним. Якщо  $\beta_3=0$ , то крива стає симетричною.

Нормування дозволяє отримати безрозмірний параметр статистичного розподілу, названий коефіцієнтом асиметрії.

$$C_s = \beta_3 / \sigma_x^3 = \left[ \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 \right] / (n\sigma_x^3). \quad (3.12)$$



Винісши за дужки  $x^3$  та поділив на цю величину чисельник і знаменник, отримаємо

$$C_s = \frac{\left[ \sum_{i=1}^n (K_i - 1)^3 \right]}{nC_v^3}. \quad (3.13)$$

Як і  $C_v$ , параметр  $C_s$  є зміщеною оцінкою. У простому випадку від'ємна зміщеність може бути усунена шляхом введення в (3.13) поправки, запропонованої Є.Г. Блохіновим:  $\delta_s = n^2 / [(n-1)(n-2)]$ . З урахуванням цього

$$C_s = \left[ \frac{n \sum_{i=1}^n (K_i - 1)^3}{[(n-1)(n-2)C_v^3]} \right]. \quad (3.14)$$

При  $C_s > 0$  крива розподілу випадкової величини має додатну асиметрію, при  $C_s < 0$  - від'ємну, а при  $C_s = 0$  розподіл є симетричним.

### 3.2 Метод найбільшої правдоподібності

В гідрологічну практику цей метод введений С.Н. Крицьким та М.Ф. Менкелем. Розрахунок статистичних параметрів методом найбільшої правдоподібності, на відміну від викладеного вище метода моментів, є більш складним. Тому в цілях спрощення розрахункової схеми Є.Г. Блохінов запропонував спочатку обчислювати статистики [18]:

$$\lambda_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; \quad (3.15)$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lg K_i; \quad (3.16)$$

$$\lambda_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_i \lg K_i. \quad (3.17)$$

Як видно із рівняння (3.15), статистика  $\lambda$  повністю співпадає з середнім арифметичним  $\bar{x}$  в методі моментів. Коефіцієнти мінливості  $C_v$  та асиметрії  $C_s$  встановлюються за спеціально складеними для цих цілей номограмами.

Метод найбільшої правдоподібності рекомендується для визначення параметрів, коли використовується крива трипараметричного гама-розподілу, а також заслуговує на перевагу при  $C_v > 0.5$ . При  $C_v < 0.5$  метод найбільшої правдоподібності та моментів приводять практично до однакових результатів.

### 3.3 Точність обчислення параметрів статистичного розподілу

Визначення числових характеристик випадкових величин є найважливішим етапом статистичного аналізу. У гідрології при розрахунках імовірнісних значень статистичних рядів найчастіше спираються на біноміальний і трьохпараметричний гама-розподіл. І той, й інший передбачають наявність трьох статистичних параметрів: середнього значення вибірки, коефіцієнтів варіації і асиметрії. Моменти вищих порядків із-за великих помилок їх обчислення при коротких рядах зазвичай не використовуються.

Оскільки матеріали вимірювання стоку завжди обмежені, а, згідно граничних теорем розподілу, для отримання параметрів потрібні нескінченно довгі сукупності, то в практичних розрахунках обчислюються не самі параметри, а їх наближені значення – оцінки. Очевидно, чим

більша довжина вибірок, тим вище ступінь наближення оцінок розподілу до їх шуканих параметрів. З цієї причини вибірковий аналіз обов'язково припускає не тільки обчислення оцінок, але й встановлення точності, з якою вони визначені по наявних рядах. Мірою точності є середня квадратична погрішність [14,20]. При відсутності внутрішньо рядних зв'язків відносна середня квадратична похибка обчислення  $n$ -річних середніх стокових рядів (в %) може бути визначена за формулою:

$$\sigma_x = \frac{100C_v}{\sqrt{n}}. \quad (3.18)$$

З формули (3.18) видно, що погрішність прямо пропорційна коефіцієнту варіації  $C_v$ , і обернено пропорційна числу членів вибірки  $n$ . Більшість гідрологічних величин розраховується з точністю  $\pm 10\%$ , що при коефіцієнтах варіації 0,2 – 1,0 для обчислення середнього  $\bar{x}$  потребує мати ряди тривалістю 20 – 30 років.

Для статистичних сукупностей з наявністю внутрішньорядних зв'язків:

$$\sigma_x = \frac{100C_v \sqrt{(1+r)(1-r)}}{\sqrt{n}}, \quad (3.19)$$

де  $r$  - коефіцієнт кореляції між суміжними членами ряду.

Похибки, обчислені по (3.18), при тих же значеннях  $C_v$  і  $n$  будуть більшими, ніж по (3.19), так як  $(1+r)/(1-r) \geq 1,0$ . Пояснюється це тим, що при внутрішньорядній скорельованості у вихідних рядах незалежної інформації зберігається менше.

Стандартні похибки вибірових коефіцієнтів варіації  $C_v$  (в %) обчислених методом моментів, знаходяться за формулою:

$$\sigma_{C_v} = \sqrt{(1 + C_v^2)/(2n)} \cdot 100. \quad (3.20)$$

Якщо коефіцієнти варіації встановлюються за допомогою метода найбільшої правдоподібності, то

$$\sigma_{C_v} = \sqrt{3/[2n(3 + C_v^2)]} \cdot 100. \quad (3.21)$$

При здійсненні гідрологічних розрахунків значення коефіцієнтів варіації повинні визначатися з похибкою не більше 15%. Якщо виходити із значень  $C_v = 0,2 - 1,0$ , то для цього потрібні ряди 25 – 45 років (при використанні метода моментів) або 17 – 22 роки (при використанні метода найбільшої правдоподібності).

### **3.4 Статистична обробка рядів середньорічних модулів стоку в басейні р. Південний Буг**

Статистична обробка часових рядів річного стоку в басейні р. Південний Буг проводилась методам моментів та найбільшої правдоподібності. Обчислювались стандартні параметри ( $\bar{q}, C_v, C_s$  і  $C_s/C_v$ ) за формулами (3.7), (3.10), (3.13). Результати розрахунку наведені у додатку Б, з якого видно, що у методі моментів коефіцієнт варіації змінюється від 0,30 (р. Південний Буг - с.Підгір'я,  $F = 24600 \text{ км}^2$ ) до 0,59 (р. Чорний Ташлик – с.Піщаний Брід,  $F = 1830 \text{ км}^2$ ).

Коефіцієнт асиметрії змінюється від 1,70 (р. Ятрань - с.Покотилове,  $F = 2140 \text{ км}^2$ ) до - 0,19 (р. Соб - с.Зозів,  $F = 92,5 \text{ км}^2$ ). Співвідношення  $C_s/C_v$  в середньому знаходиться на рівні 2,17, що відповідає рекомендаціям СНіП 2.01.14-83.

Середня квадратична похибка середньорічних модулів стоку в басейні р. Південний Буг обчислювалась за формулою (3.18) і дорівнює  $\sigma_{\bar{q}} = 6,0\%$ . Результати обчислення наведені у табл. 3.1 та табл. 3.2.

### 3.5 Дослідження статистичної однорідності

Перевірка часових рядів річного стоку на однорідність в басейні р.Південний Буг була виконана за критеріями Фішера, Стьюдента та Вілкоксона. Результати наведені у табл. 3.3.

Неоднорідними виявились вісім постів (р. Південний Буг - с. Пирогівці, р. Південний Буг - м.Сабарів, Південний Буг – Первомайська ГЕС, р. Згар - смт Літин, р. Рів – с.Демидівка, р. Кодима - с.Обжила, р.Кодима – с.Катеринка). По цих постах були визначені тренди. Результати складових для визначення тренду представлені у табл. 3.4, а графіки тренду – у дод. А.

З вихідних даних не можна зробити однозначних висновків стосовно причин такої неоднорідності. Відомо, що на р.Південний Буг – Первомайська ГЕС була побудована електростанція, яка могла вплинути на порушення однорідності часового ряду річного стоку. Між іншим, табл. 3.4 свідчить про те, що це мало ймовірно, бо  $z$  та  $z_{кр}$  змінюються майже в одних і тих же межах, що й по річках р.Південний Буг - с.Пирогівці й р. Південний Буг – м. Сабарів. Більш того по р. Південний Буг – Первомайська ГЕС часовий ряд гідрологічних спостережень є самим коротким (39 років).

При розрахунку норми річного стоку можливою вимогою є наявність у розрахункових періодах однакової кількості багатоводних і маловодних суміжних фаз. Тому у першу чергу необхідно керуватись аналізом циклічності.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку статистичних параметрів часових рядів річного стоку в басейні р. Південний Буг

№ поста	Річка – пост	$F, \text{км}^2$	N	$\bar{q}_{cp}$ л/с*км <sup>2</sup>	Метод моментів		Метод найб.правд.	
					$C_v$	$C_s$	$C_v$	$C_s / C_v$
1	Південний Буг - с.Пирогівці	827	46	5,30	0,35	0,52	0,35	1,8
2	Південний Буг - с.Лелітка	4000	63	3,59	0,34	0,26	0,33	0,9
3	Південний Буг - м.Сабарів	9010	57	3,25	0,39	0,31	0,39	0,9
4	Південний Буг – с.Тростянчик	17400	68	2,70	0,32	0,45	0,32	1,5
5	Південний Буг - с.Підгір'я	24600	66	2,42	0,30	0,39	0,30	1,4
6	Південний Буг – Первомайська ГЕС	27300	39	1,44	0,42	0,52	0,42	1,3
7	Бужок - смт Меджибіж	698	36	3,59	0,44	0,62	0,44	1,5
8	Іква - смт Стара Синява	439	64	4,47	0,32	0,23	0,32	0,8
9	Згар - смт Літин	692	76	3,05	0,41	0,17	0,41	0,5
10	Рів – с.Демидівка	1130	86	3,30	0,41	0,48	0,40	1,2
11	Соб - с.Зозів	92,5	59	2,98	0,33	0,19	0,33	0,3
12	Соб – Дмітренківська ГЕС	2840	35	2,08	0,51	3,35	0,51	10,8
13	Савранка - с.Осички	1740	69	1,51	0,35	0,76	0,35	2,3
14	Кодима - с.Обжила	145	43	1,09	0,41	1,69	0,41	5,0
15	Кодима - с.Катеринка	2390	73	0,75	0,57	1,01	0,57	1,9
16	Синюха – с.Червонохуторська	16500	24	1,70	0,41	0,48	0,41	1,3
17	Синюха - с.Синюхин Брід	16700	79	1,59	0,44	1,20	0,43	2,9
18	Гнилий Тікіч – смт Лисянка	1450	54	1,42	0,51	0,72	0,51	1,5
19	Гнилий Тікіч – с.Лоташевська	3140	21	1,75	0,42	0,25	0,42	0,8

## Продовження таблиці 3.1

№ поста	Річка – пост	$F, \text{км}^2$	N	$\bar{q}_{cp}$ л/с*км <sup>2</sup>	Метод моментів		Метод найб.правд.	
					$C_V$	$C_S$	$C_V$	$C_S / C_V$
20	Велика Вись - с.Ямпіль	2820	80	1,21	0,48	1,30	0,48	2,9
21	Ятрань - с.Покотилове	2140	55	1,85	0,42	1,70	0,42	4,7
22	Циганка - с.Червонопілля	248	30	1,74	0,33	0,56	0,33	1,9
23	Чорний Ташлик – с.Піщаний Брід	1830	23	1,10	0,59	1,20	0,60	2,5
24	Чорний Ташлик - с.Тарасівка	2230	74	1,40	0,52	1,06	0,52	2,1
Середнє								2,17

Таблиця 3.2 – Розрахунок похибки норми річного стоку та коефіцієнта варіації в басейні р. Південний Буг

№ поста	Річка – пост	$F, \text{км}^2$	$n$ , років	$\bar{q}$ , л/с*км <sup>2</sup>	$C_V$	$\sigma_{\bar{q}}, \%$	$\sigma_{C_V}, \%$
1	Південний Буг - с.Пирогівці	827	46	5,30	0,35	5,16	11,0
2	Південний Буг - с.Лелітка	4000	63	3,59	0,33	4,16	9,38
3	Південний Буг - м.Сабарів	9010	57	3,25	0,39	5,17	10,0
4	Південний Буг – с.Тростянчик	17400	68	2,70	0,32	3,88	9,00
5	Південний Буг - с.Підгір'я	24600	66	2,42	0,30	3,69	9,09
6	Південний Буг – Первомайська ГЕС	27300	39	1,44	0,42	6,73	12,3
7	Бужок - смт Меджибіж	698	36	3,59	0,44	7,33	12,9
8	Іква - смт Стара Синява	439	64	4,47	0,32	4,00	9,28
9	Згар - смт Літин	692	76	3,05	0,41	4,70	8,77
10	Рів – с.Демидівка	1130	86	3,30	0,40	4,31	8,21
11	Соб - с.Зозів	92,5	59	2,98	0,33	4,30	9,69

Продовження таблиці 3.2

№ поста	Річка – пост	$F$ , км <sup>2</sup>	$n$ , років	$\bar{q}$ , л/с*км <sup>2</sup>	$C_V$	$\sigma_{\bar{q}}$ , %	$\sigma_{C_V}$ , %
12	Соб – Дмитренківська ГЕС	2840	35	2,08	0,51	8,62	13,4
13	Савранка - с.Осички	1740	69	1,51	0,35	4,21	9,02
14	Кодима - с.Обжила	145	43	1,09	0,41	6,25	11,6
15	Кодима - с.Катеринка	2390	73	0,75	0,57	6,67	9,53
16	Синюха – с. Червонохуторська	16500	24	1,70	0,41	8,37	15,6
17	Синюха - с.Синюхин Брід	16700	79	1,59	0,43	4,84	8,66
18	Гнилий Тікіч – смт Лисянка	1450	54	1,42	0,51	6,94	10,8
19	Гнилий Тікіч – с.Лоташевська	3140	21	1,75	0,42	9,17	16,7
20	Велика Вись - с.Ямпіль	2820	80	1,21	0,48	5,37	8,77
21	Ятрань - с.Покотилове	2140	55	1,85	0,42	5,66	10,3
22	Циганка - с.Червонопілля	248	30	1,74	0,33	6,02	13,6
23	Чорний Ташлик – с.Піщаний Брід	1830	23	1,10	0,60	12,51	17,2
24	Чорний Ташлик - с.Тарасівка	2230	74	1,40	0,52	6,04	9,26
Середнє значення						6,0	11,0



Таблиця 3.3 – Перевірка часових рядів стоку на однорідність середніх квадратичних відхилень за критеріями Фішера, Ст'юдента і Вілкоксона в басейні р. Південний Буг

№ п/п	Річка – пост	n, років	Рівень значущості	Критерій Фішера		Висновок	Критерій Ст'юдента		Висновок	Критерій Вілкоксона	Загальний висновок
				F	F <sub>кр</sub>		t	t <sub>кр</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Південний Буг - с.Пирогівці	46	5%	1,15	2,51	Одн.	2,64	2,02	Неодн.	Неодн.	Неодн.
2	Південний Буг - с.Лелітка	63	5%	1,52	2,13	Одн.	0,90	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
3	Південний Буг - м.Сабарів	57	5%	1,16	2,19	Одн.	4,30	2,0	Неодн.	Неодн.	Неодн.
4	Південний Буг – с.Тростянчик	68	5%	1,62	2,10	Одн.	0,01	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
5	Південний Буг - с.Підгір'я	66	5%	1,35	2,10	Одн.	1,07	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
6	Південний Буг – Первомайська ГЕС	39	5%	3,94	2,86	Неодн.	6,44	2,04	Неодн.	Неодн.	Неодн.
7	Бужок - смт Меджибіж	36	5%	1,60	3,09	Одн.	1,66	2,05	Одн.	Одн.	Одн.
8	Іква - смт Стара Синява	64	5%	1,43	2,12	Одн.	0,77	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
9	Згар - смт Літин	76	5%	1,33	2,02	Одн.	2,87	2,0	Неодн.	Неодн.	Неодн.
10	Рів – с.Демидівка	86	5%	1,75	1,91	Одн.	6,13	1,99	Неодн.	Неодн.	Неодн.
11	Соб - с.Зозів	59	5%	1,90	2,17	Одн.	0,38	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
12	Соб – Дмітренківська ГЕС	35	5%	2,93	3,09	Одн.	0,36	2,05	Одн.	Одн.	Одн.
13	Савранка - с.Осички	69	5%	1,17	2,08	Одн.	1,72	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
14	Кодима - с.Обжила	43	5%	1,78	2,62	Одн.	3,29	2,03	Неодн.	Неодн.	Неодн.
15	Кодима - с.Катеринка	73	5%	1,69	2,04	Одн.	3,78	1,99	Неодн.	Неодн.	Неодн.

Продовження таблиці 3.3

№ п/п	Річка – пост	п, років	Рівень значущості	Критерій Фішера		Висновок	Критерій Ст'юдента		Висновок	Критерій Вілкоксона	Загальний висновок
				F	F <sub>кр</sub>		t	t <sub>кр</sub>			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
16	Синюха – с. Червонохуторська	24	5%	3,73	3,80	Одн.	1,77	2,09	Одн.	Одн.	Одн.
17	Синюха - с.Синюхин Брід	79	5%	1,35	1,98	Одн.	0,77	1,99	Одн.	Одн.	Одн.
18	Гнилий Тікіч – смт Лисянка	54	5%	1,39	2,23	Одн.	2,88	2,01	Неодн.	Неодн.	Неодн.
19	Гнилий Тікіч – с.Лоташевська	21	5%	1,78	3,91	Одн.	0,58	2,09	Одн.	Одн.	Одн.
20	Велика Вись - с.Ямпіль	80	5%	1,78	1,98	Одн.	0,74	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
21	Ятрань - с.Покотилове	55	5%	2,56	2,21	Неодн.	1,58	2,01	Одн.	Одн.	Одн.
22	Циганка - с.Червонопілля	30	5%	1,18	3,44	Одн.	1,11	2,07	Одн.	Одн.	Одн.
23	Чорний Ташлик – с.Піщаний Брід	23	5%	1,14	3,91	Одн.	0,45	2,09	Одн.	Одн.	Одн.
24	Чорний Ташлик - с.Тарасівка	74	5%	1,92	2,04	Одн.	0,56	2,0	Одн.	Одн.	Одн.

Таблиця 3.4 – Розрахунок складових для визначення тренда в часових рядах стоку

№ п/п	Річка-пост	<i>n</i> лет	<i>F</i> , км <sup>2</sup>	<i>S</i> <sup>2</sup>	$\sigma_q^2$	<i>Z</i>	<i>Z</i> <sub>кр</sub>	Тренд
1	Південний Буг - с.Пирогівці	46	827	1,44	3,57	0,40	0,76	присутній
2	Південний Буг - м.Сабарів	57	9010	0,79	1,63	0,48	0,78	присутній
3	Південний Буг – Первомайська ГЕС	39	27300	0,17	0,38	0,44	0,74	присутній
4	Згар - смт Літин	76	692	0,94	1,55	0,61	0,80	присутній
5	Рів – с.Демидівка	86	1130	0,74	1,81	0,41	0,81	присутній
6	Кодима - с.Обжила	43	145	0,12	0,21	0,55	0,76	присутній
7	Кодима - с.Катеринка	73	2390	0,13	0,19	0,69	0,82	присутній
8	Гнилий Тікіч – смт Лисянка	54	1450	0,34	0,53	0,64	0,78	присутній

В практиці гідрологічних розрахунків для виділення фаз і циклів водності використовуються різницеві інтегральні криві. Їх ординати являють собою послідовне накопичення відхилень величин стоку від середнього значення [16,23].

На підстав цього були розглянуті різницеві інтегральні криві по найбільш тривалих часових рядах (р. Згар - смт Літин, 76 років; р. Рів – с. Демидівка, 86 років; р. Кодима - с.Катеринка, 73 роки), які наведені в дод. Б. Порівнювальний аналіз усіх цих кривих з тривалими рядами спостережень свідчить про те, що ряди по р. Рів – с.Демидівка, р. Кодима - с. Катеринка, р. Згар - смт Літин майже повною мірою утворюють замкнутий цикл коливання водності. Деякі криві мали розриви, але суттєво на норму річного стоку вони не впливають. Взагалі усі наявні ряди спостережень можуть використовуватись для подальшого розрахунку.

## 4 ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ НОРМ РІЧНОГО СТОКУ В БАСЕЙНІ Р. ПІВДЕННИЙ БУГ

За відсутності систематичних вимірювань стоку і відповідно часових рядів норма стоку визначається непрямими методами [19,20].

У відповідності з нормативним документом СНіП 2.01.14-83, у гірських районах рекомендується побудування регіональних залежностей між нормою стоку і середньою висотою водозборів.

### 4.1 Просторове узагальнення характеристик річного стоку в басейні р. Південний Буг

На рис. 4.1 наведена залежність  $q_{cp}$  (л/с·км<sup>2</sup>) від широти геометричних центрів водозборів. Описати їх можна рівнянням

$$q_{cp} = 1.92(\varphi^\circ - 49) + (q_{cp})_{\varphi=49}; \quad r = 0.83 \quad (4.1)$$

де  $\varphi^\circ$  - широта центру водозбору;

$(q_{cp})_{\varphi=49}$  - середній модуль стоку, приведений до умовної широти

$\varphi = 49^\circ$  п.ш.

Коефіцієнт кореляції  $r$  є суттєво значущим і дорівнює 0,83. Таким чином, розподіл по території модуля  $q_{cp}$  (л/с·км<sup>2</sup>) в основному зумовлений географічним положенням водозбору. Але з іншого боку на модуль річного стоку можуть також впливати місцеві фактори – залісеність, заболоченість, закарстованість. Ось чому, використовуючи (4.1), були визначені для всіх постів і приведені до умовної широти середні модулі  $(q_{cp})_{\varphi=49}$  (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 - Вихідні дані для побудови залежності  $\bar{q}$  (л/с\*км<sup>2</sup>) від широти геометричних центрів водозборів і залісеності в басейні р.Південний Буг

№ за картою	Річка-пост	$\varphi, ^\circ$ п.ш.	$\bar{q},$ л/с*км <sup>2</sup>	$\bar{q}_{cp, \varphi=49}$ л/с*км <sup>2</sup>	$lg(f_L + 1)$
1	Південний Буг - с.Пирогівці	49,49	5,30	4,36	0,95
2	Південний Буг - с.Лелітка	49,44	3,59	2,75	0,95
3	Південний Буг - м.Сабарів	49,48	3,25	2,33	1,08
4	Південний Буг – с.Тростянчик	49,14	2,70	2,43	1,08
5	Південний Буг - с.Підгір'я	48,90	2,42	2,61	1,18
6	Південний Буг – Первомайська ГЕС	48,80	1,44	1,82	1,04
7	Бужок - смт Меджибіж	49,54	3,59	2,55	0,30
8	Іква - смт Стара Синява	49,60	4,47	3,32	0,78
9	Згар - смт Літин	49,28	3,05	2,51	1,15
10	Рів – с.Демидівка	49,12	3,30	3,07	1,11
11	Соб - с.Зозів	49,33	2,98	2,35	0,60
12	Соб – Дмитренківська ГЕС	49,09	2,08	1,91	1,04
13	Савранка - с.Осички	48,18	1,51	3,08	1,20
14	Кодима - с.Обжила	48,04	1,09	2,93	1,30
15	Кодима - с.Катеринка	47,96	0,75	2,75	1,08
16	Синюха – с.Червонохуторська	48,30	1,70	3,04	0,78
17	Синюха - с.Синюхин Брід	48,82	1,59	1,94	0,78

Продовження табл. 4.1

№ за картою	Річка-пост	$\varphi, ^\circ$ п.ш.	$\bar{q},$ л/с·км <sup>2</sup>	$\bar{q}_{cp, \varphi=49}$ л/с·км <sup>2</sup>	$lg(f_L + 1)$
18	Гнилий Тікіч – смт Лисянка	49,34	1,42	0,77	0,78
19	Гнилий Тікіч – с.Лоташевська	49,25	1,75	1,27	1,04
20	Велика Вись - с.Ямпіль	48,74	1,21	1,71	0,60
21	Ятрань - с.Покотилове	48,63	1,85	2,56	0,90
22	Циганка - с.Червонопілля	48,42	1,74	2,85	1,11
23	Чорний Ташлик – с.Піщаний Брід	48,32	1,10	2,41	0,48
24	Чорний Ташлик - с.Тарасівка	48,32	1,40	2,71	0,48

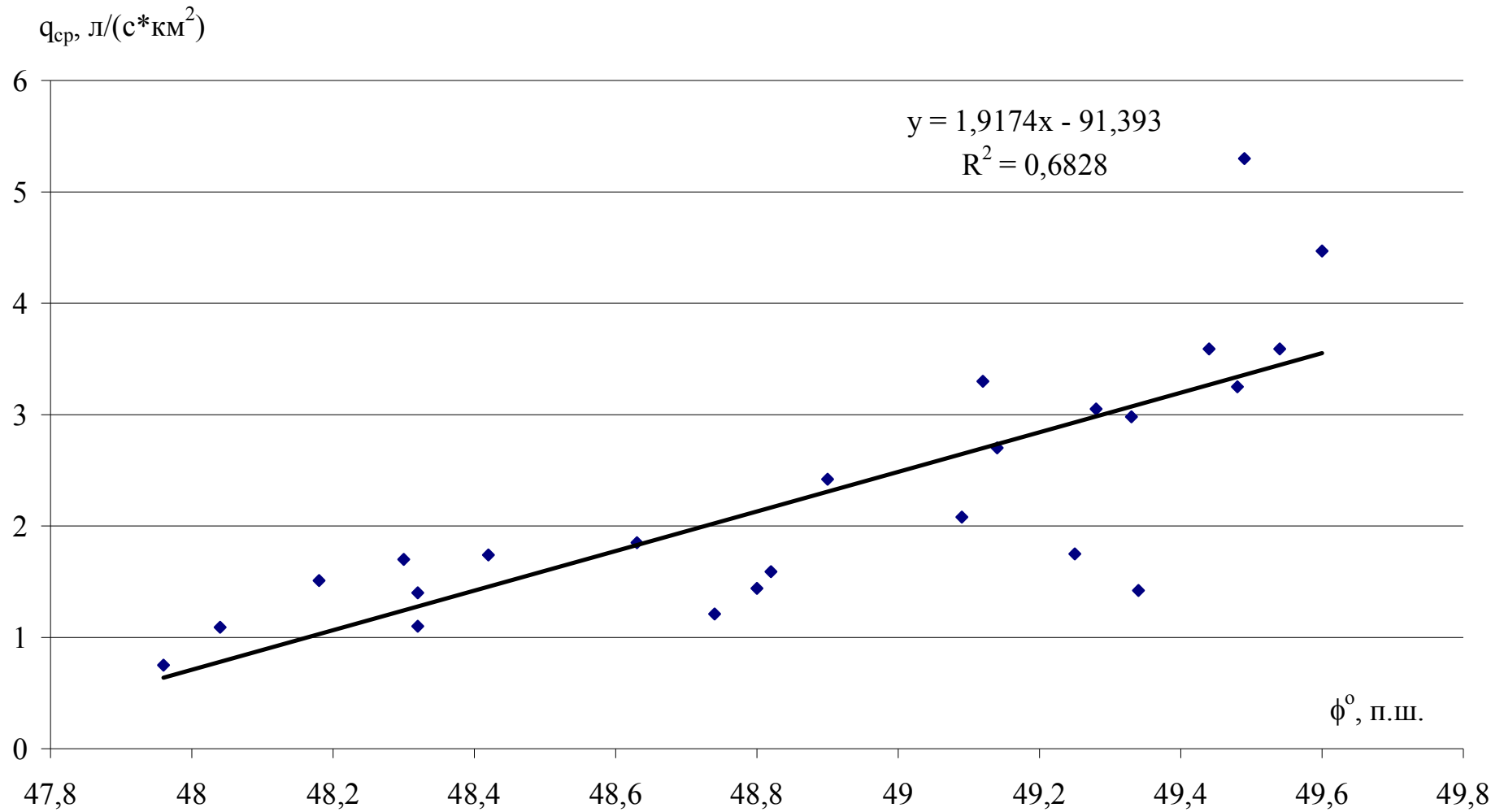


Рисунок 4.1 - Залежність модуля середнього річного стоку,  $\text{л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$  від широти водозборів в басейні р.Південний Буг

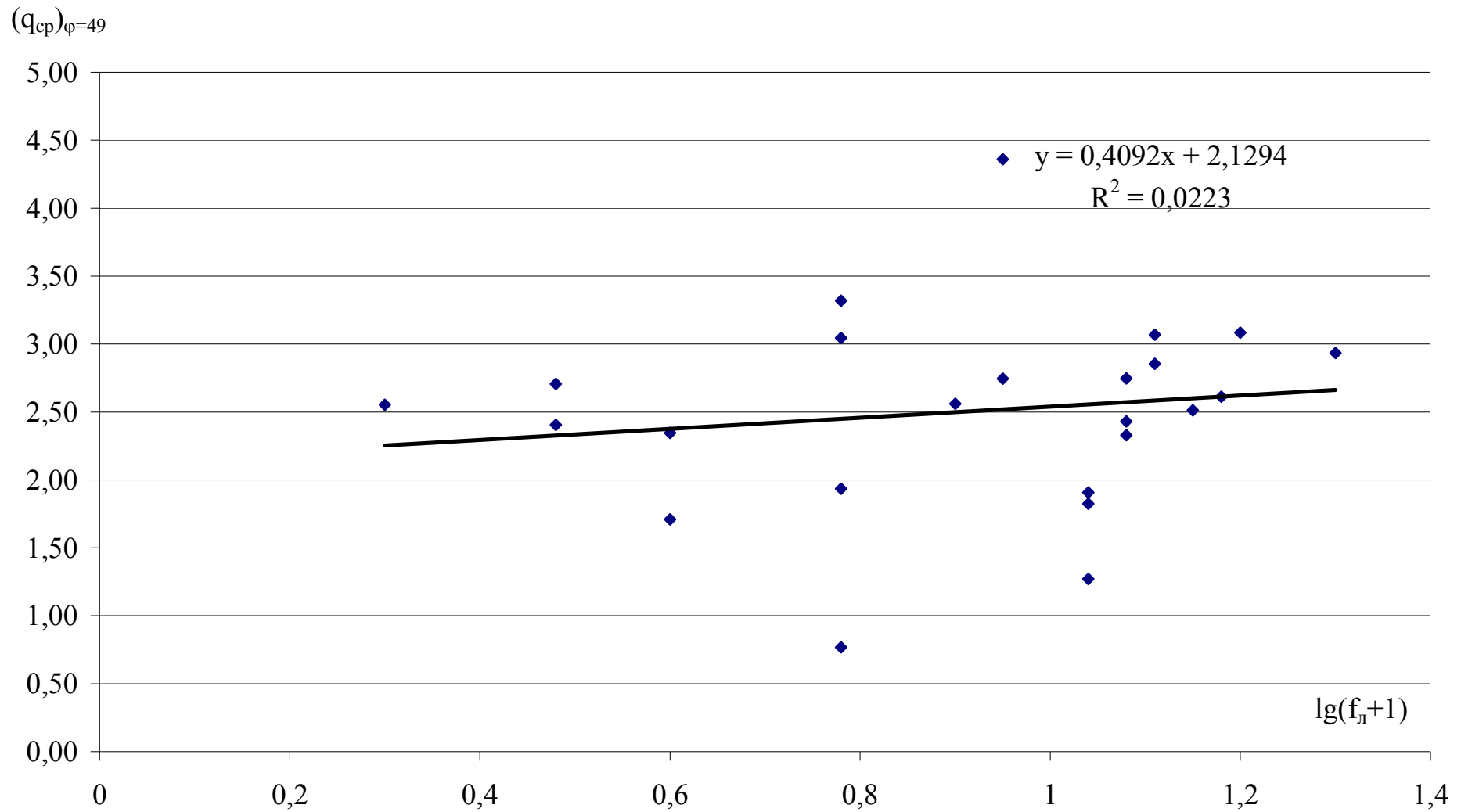


Рисунок 4.2 - Залежність  $(q_{cp})_{\varphi=49}$  від залісності водозборів в басейні р.Південний Буг



На основі табл. 4.1 побудована залежність  $(q_{cp})_{\varphi=49}$  від залісеності водозборів  $f_{л}(\%)$ . Наведена залежність на рис. 4.2. Коефіцієнт кореляції цієї залежності відноситься до незначущих ( $r=0,15$ ). А тому залежність можна не враховувати при розрахунку середнього багаторічного модулю стоку річок.

Щодо заболоченості, то її вплив на  $q_{cp}$  (л/с·км<sup>2</sup>) дослідити неможливо, оскільки в басейні р. Південний Буг вона майже відсутня [21]. На основі викладеного можна зробити висновок, що обчислені по наявних рядах модулі стоку  $\bar{q}$  (л/с·км<sup>2</sup>) можна картувати [21,22]. Вихідні дані для побудови карти надаються у табл. 4.1.

При картуванні всі величини  $q_{cp}$  (л/с·км<sup>2</sup>) відносяться до геометричних центрів водозборів (рис. 4.3). З карти видно, що модулі  $\bar{q}$  змінюються у напрямку з північного заходу на південний схід від 5,0 л/с·км<sup>2</sup> до 0,5 л/с·км<sup>2</sup>. Причому через відсутність даних спостережень у пониззі р.Південний Буг ізолінії 0,5 л/с·км<sup>2</sup> проведені орієнтовно і у подальшому потребують уточнення.

Коефіцієнт варіації річного стоку це характеристика багаторічної мінливості ряду стоку. Чим більша величина стоку, тим менша його мінливість. У зоні надлишкового і достатнього зволоження значення коефіцієнтів варіації малі, у зоні недостатнього зволоження вони зростають. Таким чином коефіцієнт варіації підлягає географічній зональності і може представлятись картою ізоліній [23,24].

Картування коефіцієнта варіації здійснено по 24 водозборах. По віднесених до геометричних центрів водозборів коефіцієнтів варіації проведені ізолінії [25]. Карта ізоліній  $C_v$  представлена на рис. 4.4. Ізолінії по території досліджуваного водозбору проведені через 0,10 и змінюються у напрямку з північного заходу на південний схід від 0,40 до 0,60.

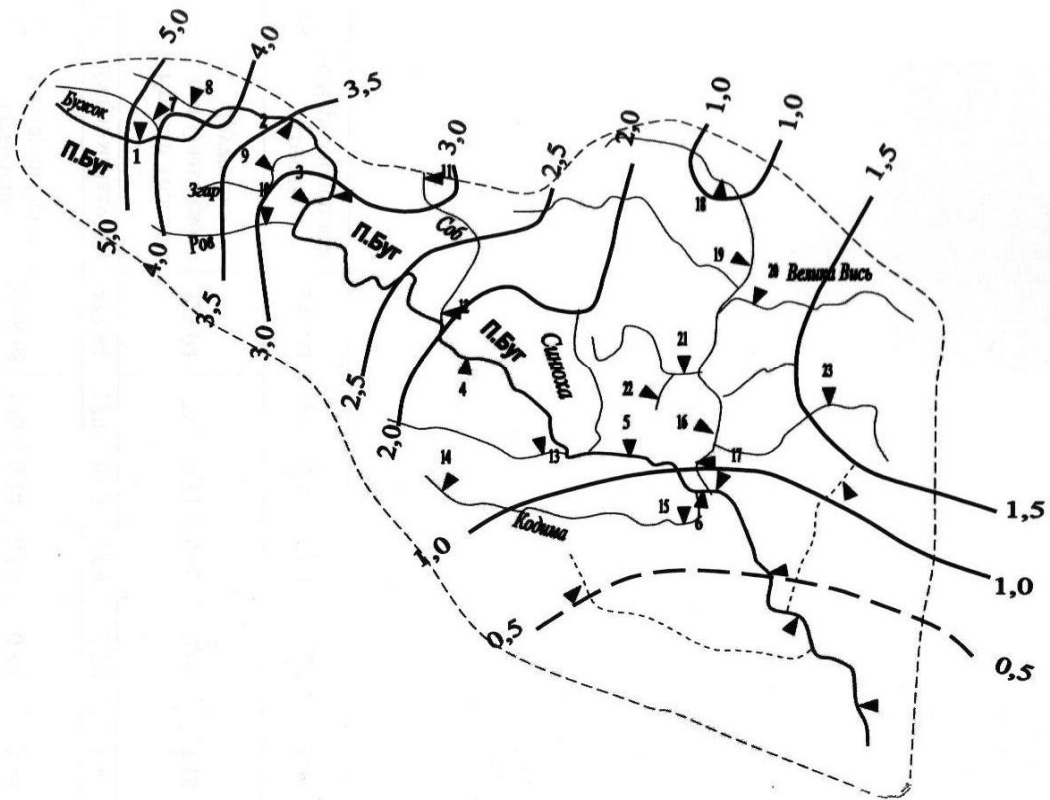


Рисунок 4.3 – Картосхема ізолій річного стоку в басейні р. Південний Буг, л/(с·км<sup>2</sup>)

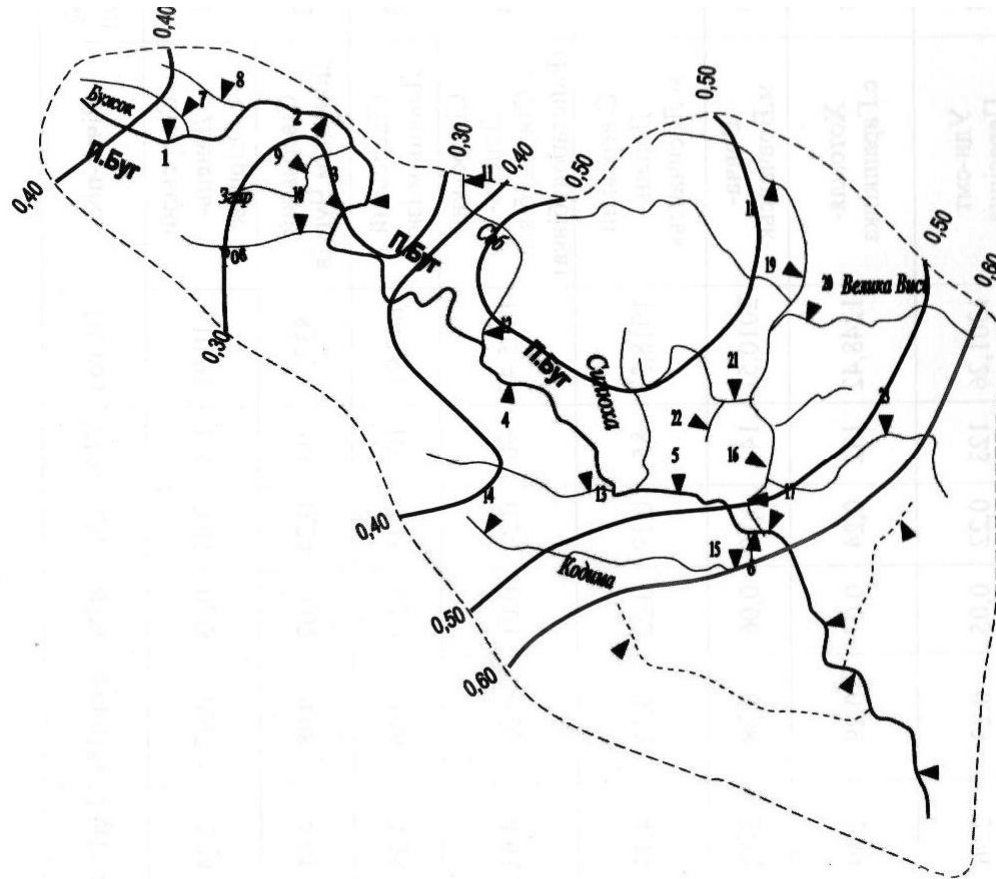


Рисунок 4.4 – Розподіл по території коефіцієнтів варіації річного стоку в басейні р. Південний Буг

## 4.2 Перевірочні розрахунки

Перевірочні розрахунки норм річного стоку і коефіцієнтів варіації виконувались за формулами:

$$\Delta q = \frac{|q_p - q_\phi|}{q_\phi} \cdot 100\% \quad (4.2)$$

$$\Delta C_v = \frac{|C_{vp} - C_{v\phi}|}{C_{v\phi}} \cdot 100\% \quad (4.3)$$

Результати перевірки наведені у табл. 4.2. Похибки середньорічних модулів стоку змінюються від 0,45 (л/с·км<sup>2</sup>) до 38,8 (л/с·км<sup>2</sup>). Точність значень норми річного стоку знятих з карти дорівнює  $\Delta \bar{q} = 10,3\%$ , що відповідає точності вихідної інформації, яка дорівнює  $\sigma_{\bar{q}} = 6,0\%$ .

Для коефіцієнту варіації похибки змінюються від 1,67% до 36,4%. Точність вихідної інформації розрахована за формулою (3.20) і дорівнює  $\sigma_{C_v} = 11,01\%$ . А середнє відхилення дорівнює  $\Delta C_v = 12,3\%$ , що відповідає точності вихідних даних.

Точність знятих з карт значень  $\bar{q}$  (л/с·км<sup>2</sup>) та коефіцієнтів варіації  $C_v$  відповідає вимогам СНіП 2.01.14-83 ( $\sigma_{\bar{x}} = 5-10\%$ ;  $\sigma_{C_v} = 15\%$ ).

Таким чином, запропоновану методику можна рекомендувати для визначення норми річного стоку для річок басейна Південний Буг за відсутністю спостережень.

Основні результати роботи автора були викладені у працях [26,27].

Таблиця 4.2 – Перевірочні розрахунки характеристик норм річного стоку в басейні р. Південний Буг

№ поста	Річка – пост	$F, \text{ км}^2$	$\bar{q}_p, \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$	$\bar{q}_\phi, \text{ л}/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$	$ \Delta\bar{q} , \%$	$C_{vp}$	$C_{v\phi}$	$ \Delta C_v $
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Південний Буг - с.Пирогівці	827	4,50	5,30	15,1	0,38	0,35	8,57
2	Південний Буг - с.Лелітка	4000	3,70	3,59	3,06	0,35	0,33	6,06
3	Південний Буг - м.Сабарів	9010	3,50	3,25	7,69	0,33	0,39	15,4
4	Південний Буг – с.Тростяничик	17400	2,80	2,70	3,70	0,34	0,32	6,25
5	Південний Буг - с.Підгір'я	24600	2,40	2,42	0,83	0,38	0,30	26,7
6	Південний Буг – Первомайська ГЕС	27300	2,00	1,44	38,9	0,44	0,42	4,76
7	Бужок - смт Меджибіж	698	4,0	3,59	11,4	0,43	0,44	2,27
8	Іква - смт Стара Синява	439	4,45	4,47	0,45	0,38	0,32	18,7
9	Згар - смт Літин	692	3,0	3,05	1,64	0,31	0,41	24,4
10	Рів – с.Демидівка	1130	3,31	3,30	0,30	0,30	0,40	25,0
11	Соб - с.Зозів	92,5	2,80	2,98	6,04	0,35	0,33	6,06
12	Соб – Дмитренківська ГЕС	2840	2,30	2,08	10,6	0,50	0,51	1,96
13	Савранка - с.Осички	1740	1,40	1,51	7,28	0,39	0,35	11,4
14	Кодима - с.Обжила	145	1,03	1,09	5,50	0,42	0,41	2,44
15	Кодима - с.Катеринка	2390	0,8	0,75	6,67	0,52	0,57	8,77
16	Синюха – с. Червонохуторська	16500	1,75	1,70	2,94	0,50	0,41	21,9
17	Синюха - с.Синюхин Брід	16700	1,50	1,59	5,66	0,50	0,43	16,3
18	Гнилий Тікіч – смт Лисянка	1450	1,50	1,42	5,63	0,50	0,51	1,96
19	Гнилий Тікіч – с.Лоташевська	3140	1,50	1,75	14,3	0,50	0,42	19,1
20	Велика Вись - с.Ямпіль	2820	1,50	1,21	23,9	0,50	0,48	4,17
21	Ятрань - с.Покотилове	2140	1,50	1,85	18,9	0,50	0,42	19,1

Продовження таблиця 4.2

№ поста	Річка – пост	$F, \text{ км}^2$	$\bar{q}_p, \text{ л/(с}\cdot\text{км}^2)$	$\bar{q}_\phi, \text{ л/(с}\cdot\text{км}^2)$	$ \Delta\bar{q} , \%$	$C_{vp}$	$C_{v\phi}$	$ \Delta C_v $
1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	Циганка - с.Червонопілля	248	1,50	1,74	13,8	0,45	0,33	36,4
23	Чорний Ташлик – с.Піщаний Брід	1830	1,50	1,10	36,4	0,59	0,60	1,67
24	Чорний Ташлик - с.Тарасівка	2230	1,50	1,40	7,14	0,55	0,52	5,77
Середнє значення					10,3			12,3

## ВИСНОВКИ

На основі виконаних розрахунків можна зробити такі висновки:

1. Базові характеристики отримані по 24 водозборах з площами від 145 км<sup>2</sup> (р.Кодима - с.Обжила ) до 27300 км<sup>2</sup> (р. Південний Буг – Первомайська ГЕС) тп періодами спостережень від 21 (р. Гнилий Тікіч – с.Лоташевська) до 86 років (р. Рів – с.Демидівка).

2. Статистична обробка головних характеристик річного стоку виконувалась за методом моментів та методом найбільшої правдоподібності. Коефіцієнти варіації  $C_v$  за двома методами мають приблизно однакові значення і змінюються від 0,30 до 0,60. Співвідношення  $C_s/C_v$  знаходиться на рівні 2,17. Середнє значення похибки вихідної інформації для  $\sigma_{\bar{q}}$  % дорівнює 6,0%, а коефіцієнта варіації  $\sigma_{C_v}$  % = 11,01%.

3. Перевірка часових рядів річного стоку на однорідність виконана за критеріями Фішера, Стьюдента і Вілкоксона на 5% рівні значності ( $\alpha = 5\%$ ). Аналіз однорідності показав, що 8 постів є неоднорідні. По цих постах був визначений тренд.

4. По неоднорідним постам були побудовані різницеві інтегральні криві, які свідчать про те що деякі роки у рядах спостережень за стоком в басейні р. Південний Буг є маловодні, а інші багатоводні, що і пояснює неоднорідність і цих рядів.

Порівнювальний аналіз цих кривих (період спостережень постів від 73 років до 86 років) свідчить про те, що ряди майже повною мірою утворюють замкнуті цикли коливань водності. Таким чином, наявні ряди спостережень можуть використовуватись для розрахунку норми річного стоку.

5. Просторове узагальнення норми річного стоку та коефіцієнтів варіації здійснено у вигляді карти ізоліній. Змінюються  $\bar{q}$  (л/с\*км<sup>2</sup>) у

напрямку з північного заходу на південний схід від  $5.0 \text{ л/с*км}^2$  до  $0.5 \text{ л/с*км}^2$ , ізолінії проведені через  $1.0 \text{ л/с*км}^2$  та у деяких частинах водозбору через  $0.5 \text{ л/с*км}^2$  (р.Згар та р.Рів).

Коефіцієнти варіації  $C_v$  змінюються по території від 0.40 до 0.60 з північного заходу на південний схід. Ізолінії проведені через 0.10.

6. Перевірочні розрахунки показали, що в басейні р.Південний Буг точність розрахунку норми річного стоку за допомогою карти ізоліній становить  $\Delta\bar{q}=1,03\%$ , коефіцієнта варіації  $\Delta C_v=12,3\%$ . Що відповідає вимогам нормативного документу СНиП 2.01.14-83 ( для  $\sigma_{\bar{q}}=5-10\%$ ,  $\sigma_{C_v}=10-15\%$ ) і точності вихідної інформації.

7. Побудовані карти ізоліній головних характеристик річного стоку і можна рекомендувати для використання на річках розглянутої території, за відсутністю систематичних вимірювань стоку.



**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Ресурси поверхневих вод СРСР. Т.6 Україна і Молдавія, вып. 1 (Западна Україна і Молдавія), Ленінград: Гідрометеоиздат, 1967. 883 с.
2. Швебс Г.І., Ігошин М.І. / Каталог річок і водойм України: Навчально – довідковий посібник. Одеса: Астропринт, 2003. 392 с.
3. Вишневський В.І., Косовець О.О. Гідрологічні характеристики річок України. Київ: Ніка-Центр. 2003. 324 с.
4. Клімат України / за ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ: Вид-во Раєвського, 2003. 343с.
5. Клімат України: у минулому... і майбутньому?/ М.І. Кульбіда, М.Б. Барабаш, Л.О. Єлістратова, Т.І. Адаменко та інш., за ред. М.І. Кульбіди, М.Б. Барабаш: Монографія. Київ: Сталь, 2009. 234с.
6. Динаміка та моделювання клімату: підручник для студентів вищих навчальних закладів / С.М. Степаненко. Одеса: Екологія, 2013. 204с.
7. Агрокліматичний довідник по території України / за редакцією: Т.І. Адаменко, М.І. Кульбіди, А.Л. Прокопенка. Кам'янець-Подільський: ПП Галагодза Р.С., 2011. 108с.
8. Кліматичний кадастр України бч. Державна гідрометеорологічна служба. Київ: 2006, електроний ресурс.: [climate\\_cgo@inbox.ru](mailto:climate_cgo@inbox.ru).
9. Giorgi F. Introduction to special issue: Regional climate modeling revisited / F. Giorgi, L.O Mearns. // Journal of Geophysical Research 1999. Vol. 104. P. 6335-6352. 2
10. World Meteorological Organization, 2003. 2003: Integration and Coupling of Hydrological Models with Water Quality Models: Applications in Europe (B. Arheimer and J. Olsson). WMO Technical Reports in Hydrology and Water Resources, No. 75. WMO/TD-No. 1174. Geneva

11. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. Київ, 2006. 240 с.
12. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України: [монографія] / колектив авт.: С.М. Степаненко, д.ф-м.н., проф.; А.М. Польовий, д.геогр.н., проф.; Є.П. Шкільний, д. техн. н., проф.; та інші . Одеса, 2011.
13. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). Київ: Ніка-Центр, 2010. 315 с.
14. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. Ленинград: Гидрометеиздат, 1978. 308 с.
15. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data McCuen, Richard H. Hydrologic analysis and design 1 Richard H. McCuen 1998. 813.
16. Хільчевський В.К., Ободовський О.Г., Гребінь В.В. Загальна гідрологія: підручник. Київ: КНУ, 2008. 399 с.
17. Гопченко Е.Д., Гушля А.В. Гидрология с основами мелиорации Ленинград: Гидрометеиздат, 1989г. 295 с.
18. Рождественський А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. Ленинград: Гидрометеиздат, 1974г. 424 с.
19. Соколовский Д.Л. Речной сток, Ленинград: Гидрометеиздат, 1968г. 320 с.
20. Гопченко Є.Д., Лобода Н.С., Овчарук В.А. Гідрологічні розрахунки: підручник. ОДЕКУ. Одеса: ТЕС, 2014. 484 с.
21. Eds. Jones J.A.A., Woo M-K. Modelling the impact of climate change on hydrological regimes // Hydrological process. 2002. Vol.6, №6. P.1137-1150
22. Krysanova, V. and Wechsung, F. SWIM User Manual. Potsdam institute for climate impact research. 200.
23. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. 448 с.

24. Государственный водный кадастр. Основные гидрологические характеристики (за 1971 – 1975гг., и весь период наблюдений) Т.6 в.1. Гидрометеиздат, Ленинград 1979г. 435 с.

25. Лобода Н.С. Збірник методичних вказівок до практичних занять з дисципліни «Гідрологічні розрахунки». Одеса, ОДЕКУ, 2005. 56 с.

26. Гук Н.А., Бурлуцька М.Є. Дослідження однорідності у рядах річного стоку у басейні р. Південний Буг // III Міжнародна наукова конференція молодих вчених “Сучасна проблема та шляхи їх вирішення” 21-23 березня 2018 р., ОДЕКУ, Одеса. 2018. С. 133 -134.

27. Гук Н.А., Бурлуцька М.Є. Аналіз циклічності в неоднорідних рядах річного стоку в басейні р. Південний Буг // Конференція молодих вчених Одеського державного екологічного університету 02-08 травня 2018р., ОДЕКУ, Одеса. 2018. С.67-68.

**ДОДАТОК А**

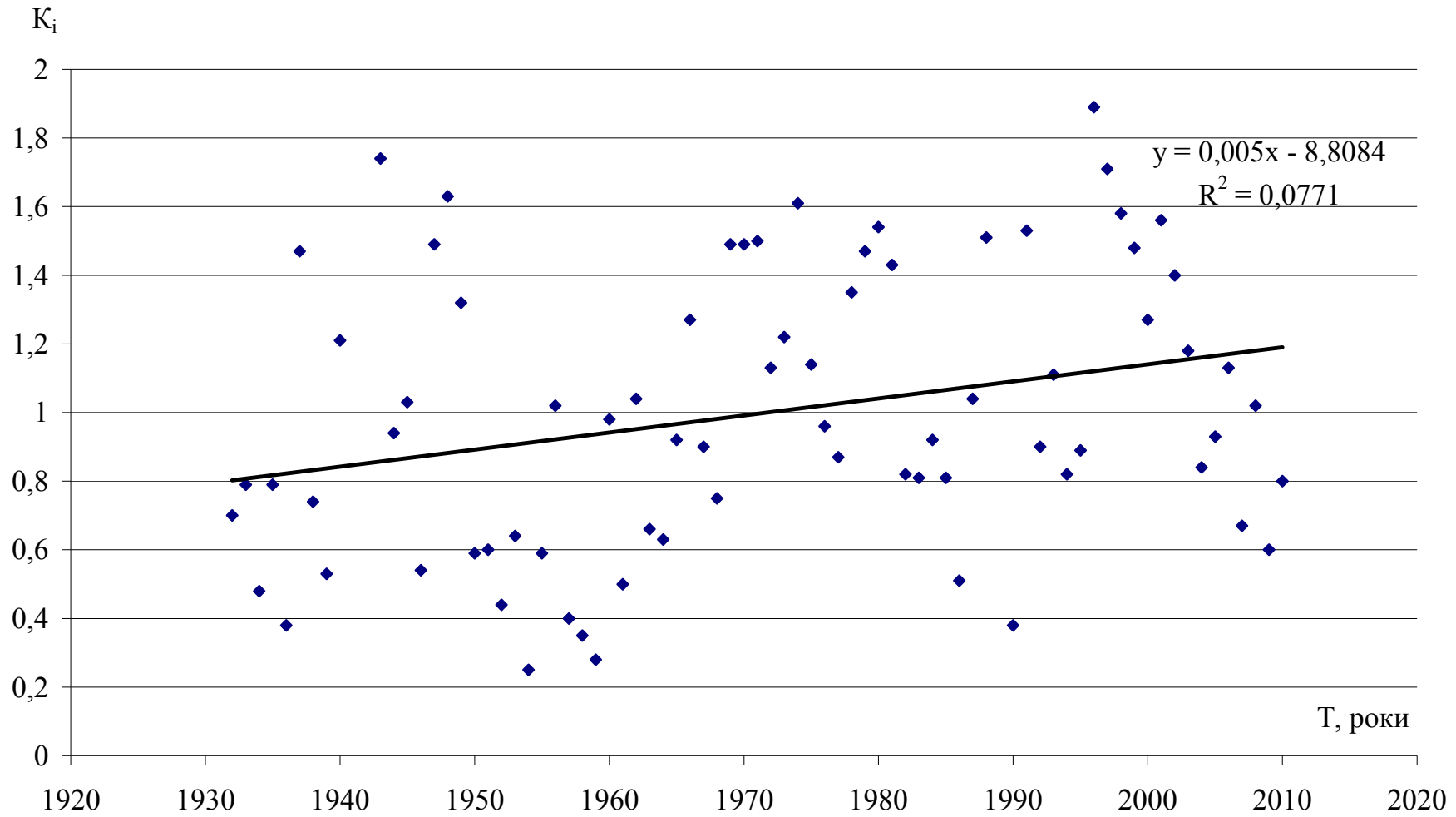


Рисунок А.1 - Визначення тренду річного стоку р.Згар- смт Літин

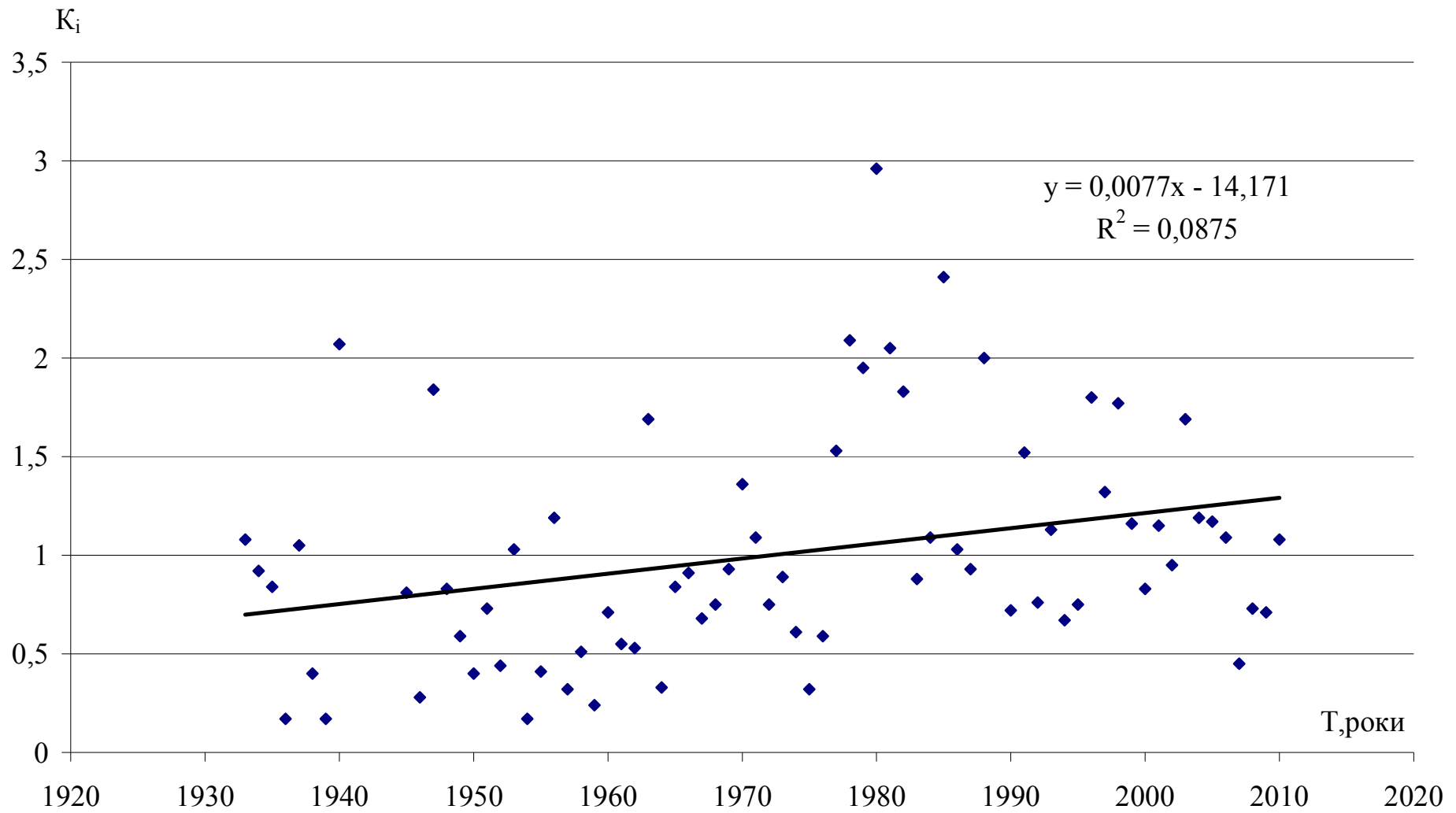


Рисунок А.3 - Визначення тренду річного стоку р. Кодима - с. Катеринка

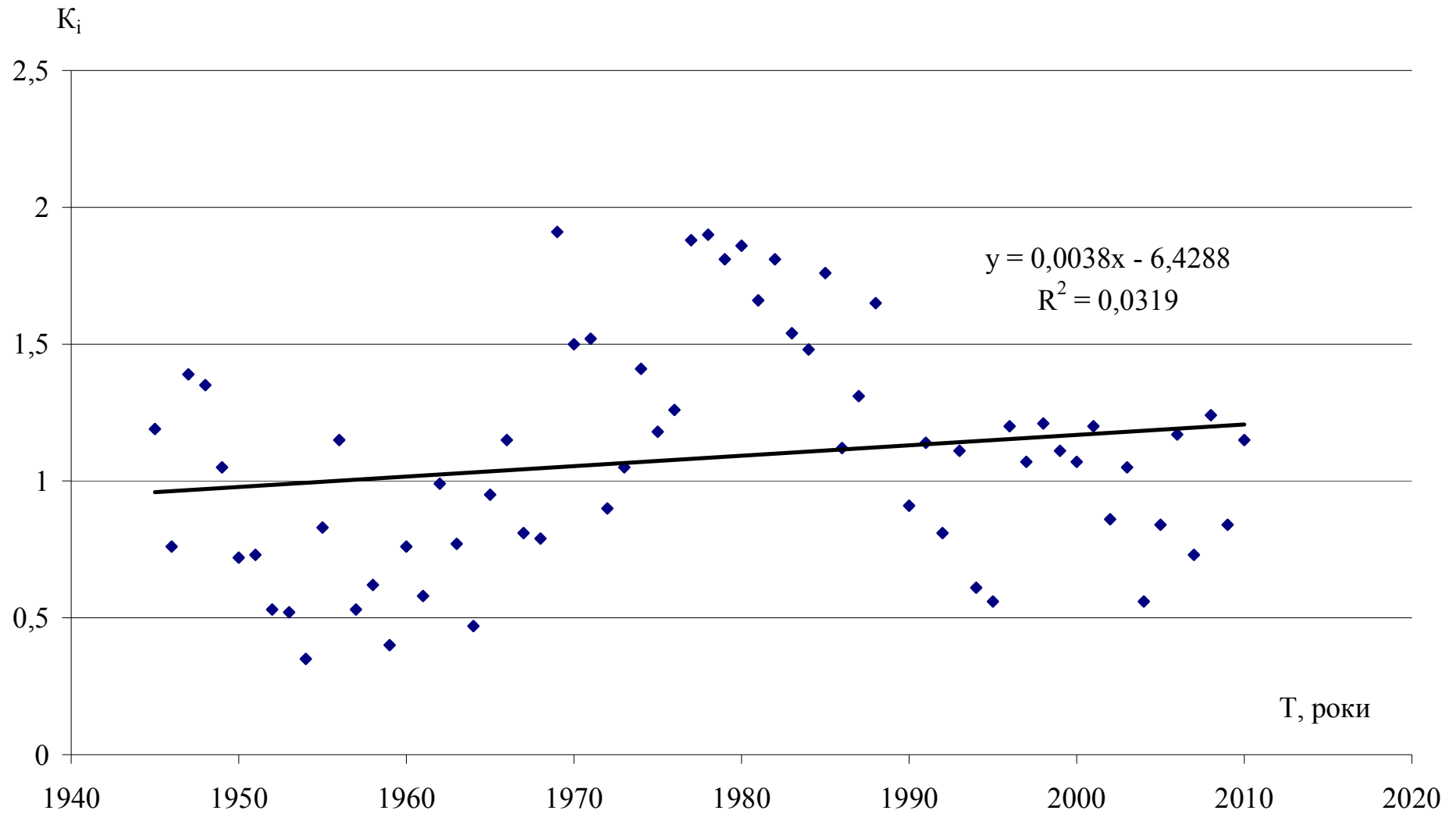


Рисунок А.2 - Визначення тренду річного стоку р.Рів-с.Демидівка

**ДОДАТОК Б**



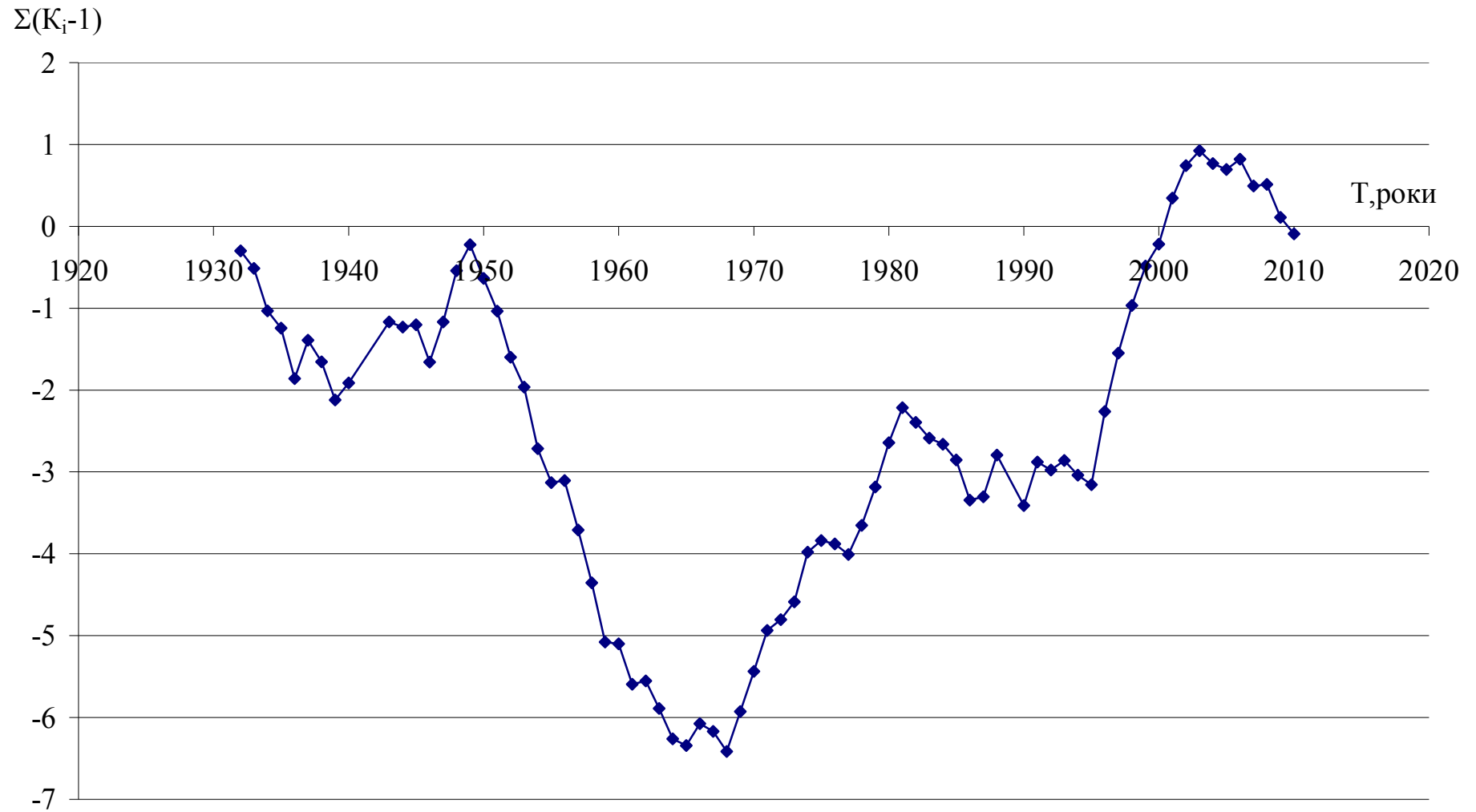


Рисунок Б.1 - Різницева інтегральна крива р.Згар - м.Літін

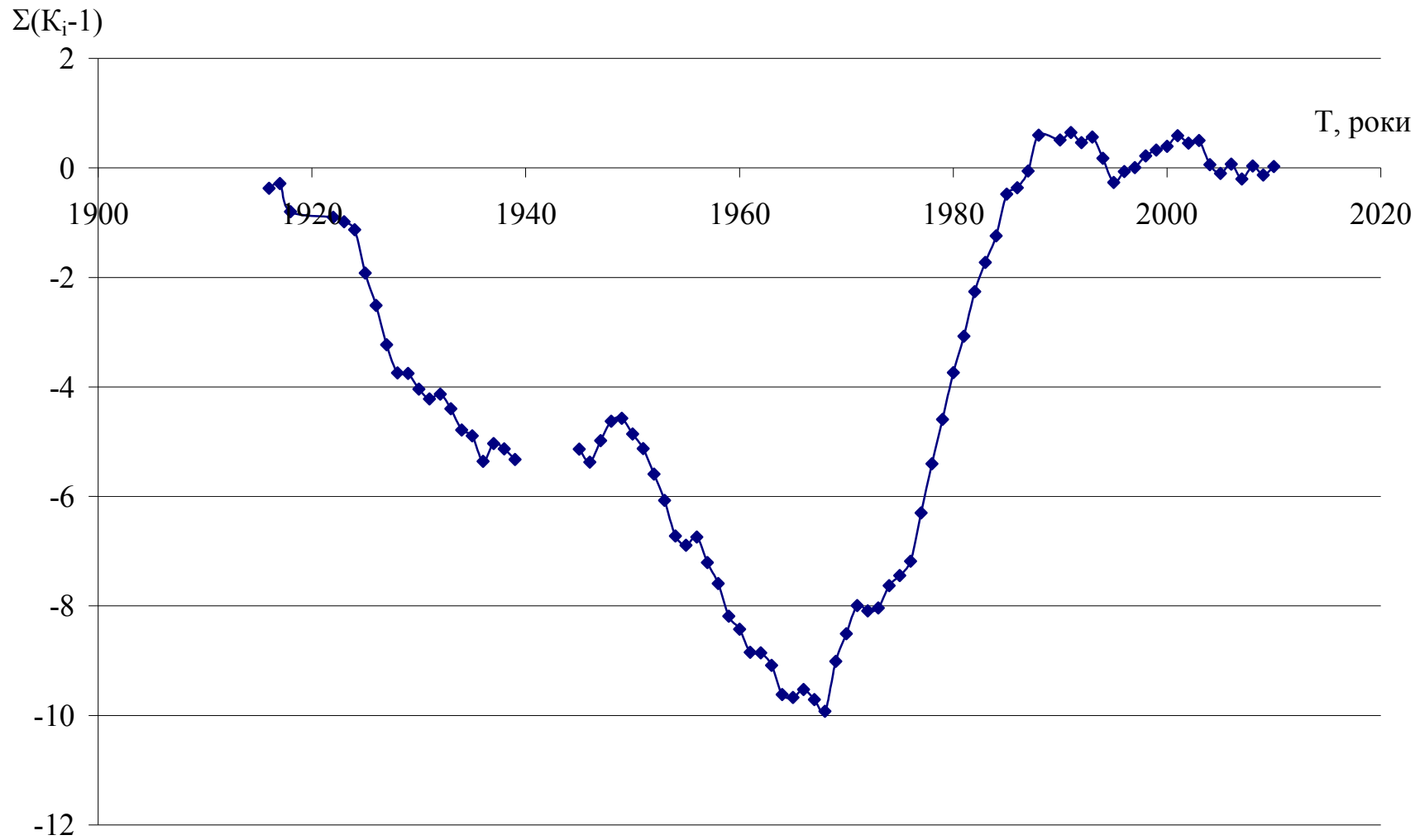


Рисунок Б.2 - Різницева інтегральна крива р.Рів - с.Демідовка

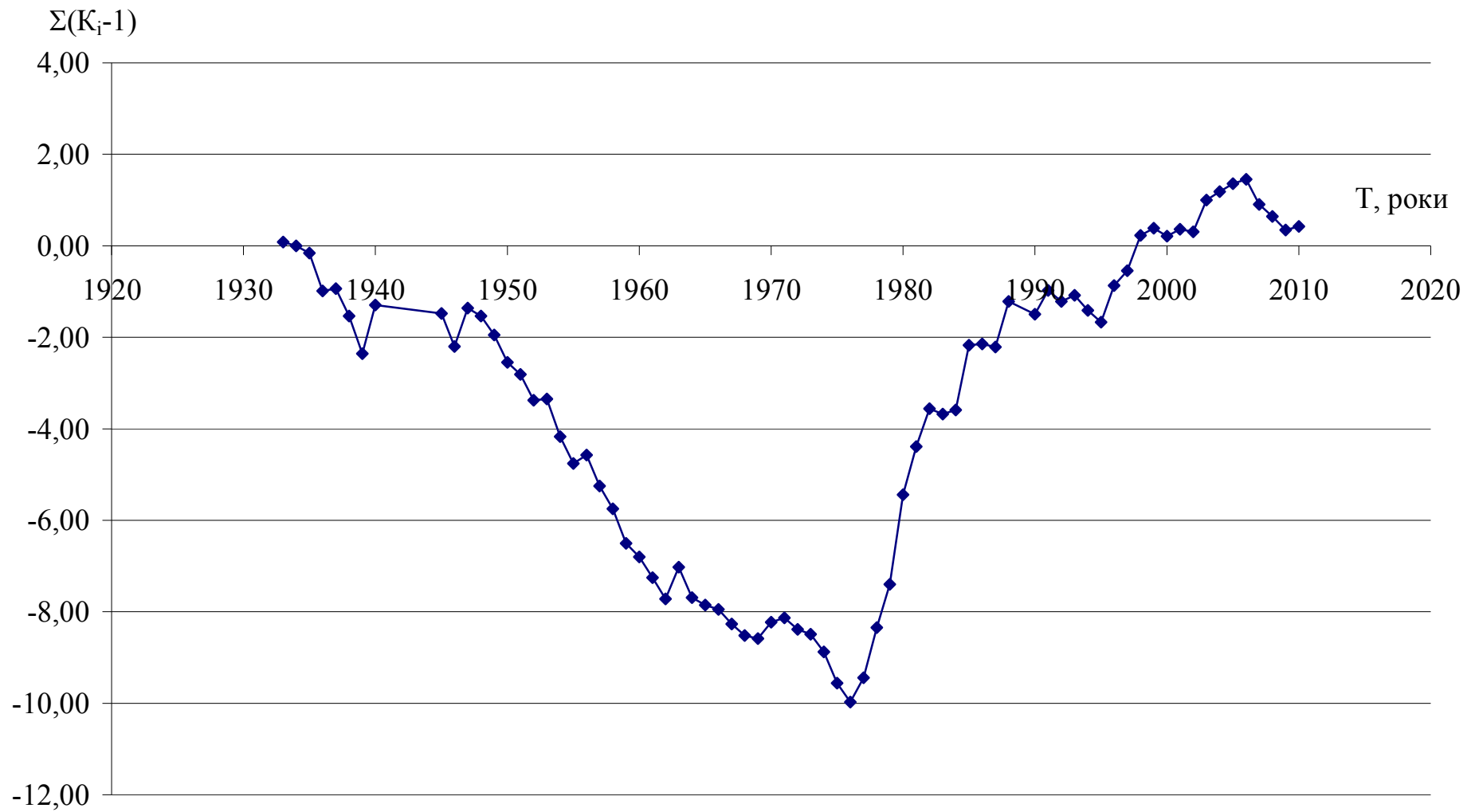


Рисунок Б.3 - Різницева інтегральна крива р.Кодима - с.Катеринка