

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут

Кафедра гідрології суші

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: «Мінімальний стік річок теплого і холодного періодів в басейні
р. Південний Буг»

Виконав магістр 2-го року навчання
групи МГ- 2
спеціальності 103 «Науки про Землю»
освітньо-наукової програми «Гідрологія»
Хмельницька Дар'я Юріївна

Керівник канд. геогр. наук, ст. викладач
Гопцій Марина Володимирівна

Консультант _____

Рецензент канд. геогр. наук, ст. викладач
Куза Антоніна Миколаївна

Одеса 2019

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

Хмельницькій Дар’ї Юріївні

(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи «Мінімальний стік річок теплого і холодного періодів в басейні р. Південний Буг»

керівник роботи канд. геогр. наук ст. викладач Гопцій М.В.,
(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: Матеріали спостережень за витратами води, мінімальний стік теплого і холодного періоду для басейну р. Південний Буг

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

1. Фізико-географічна характеристика території басейну р. Південний Буг

2. Статистична обробка часових рядів мінімального стоку

3. Розрахунок мінімального стоку

4. Оцінка норми мінімального стоку за теплий і холодний періоди в басейні р. Південний Буг

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

Картосхеми: географічного положення басейну, геологічної будови, підземних вод, ґрунти, рослинності, карта середньорічних температур повітря, розташування гідрологічних постів. Графік різницевих інтегральних кривих, графік зв’язку модулів стоку 80% від інших забезпеченостей. Залежності приведених модулів мінімального стоку заболоченості та залісеності, картосхеми модулів стоку 80% забезпеченості для теплого і холодного періодів.

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 магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Опис фізико-географічної характеристики досліджуваної території	11.03-17.03.2019	88	добре
2	Огляд методів розрахунків мінімального стоку річок	18.03-24.03.2019	84	добре
3	Дослідження однорідності часових рядів мінімального стоку річок теплого і холодного періодів в басейні р. Південний Буг	25.03-1.04.2019	88	добре
4	Дослідження циклічності у коливаннях мінімального стоку річок регіону	2.04-10.04.2019	90	відм.
5	Здійснення статистичної обробки часових рядів мінімального стоку для річок басейну Південного Бугу	11.04-14.10.2019	95	відм.
6	Рубіжна атестація	15.04-21.04.2019		
7	Обґрунтування розрахункової методики розрахунку мінімального стоку для теплого та холодного періодів	22.04-28.04.2019	90	відм.
8	Узагальнення розрахункових характеристик мінімального стоку теплого і холодного періодів	29.04-5.05.2019	95	відм.
9	Оформлення роботи, підготовка до захисту	6.05-9.05.2019		
10	Оформлення роботи			
11	Перевірка на плагіат, підписання авторського договору	10.05-13.05.19		
12	Підготовка доповіді, презентації	13.05-24.05.19		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		90	відм.

Студент Хмельницька Д.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)Керівник роботи Гопцій М.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Магістерська кваліфікаційна робота студентки гр. МГ-2 Хмельницької Д.Ю. на тему «Мінімальний стік річок теплого і холодного періодів в басейні р. Південний Буг».

Актуальність теми. Дослідження мінімального стоку річок представляє інтерес науковців у зв'язку зі змінами клімату. Меженний стік характеризується малими витратами води. Для запобігання виснаження водних ресурсів регіону необхідно раціонально їх використовувати протягом року. Тому постає питання про визначення величини модулів мінімального стоку та оцінці їх мінливості в межах досліджуваного регіону.

Мета дослідження полягає у розробці методики розрахунку мінімального стоку теплого і холодного періодів в басейні річки Південний Буг.

Основні задачі: проаналізувати умови формування мінімального стоку у теплий і холодний періоди в межах басейну Південний Буг; здійснити статистичний аналіз рядів спостережень; виконати узагальнення модулів мінімального стоку та коефіцієнтів варіації по території.

Об'єкт і предмет дослідження: 30-ти добові мінімальні витрати води за теплий та холодний періоди в басейні р. Південний Буг.

Методи досліджень: статистичний, гідролого-генетичний, картування.

Результати роботи представлені у вигляді карт ізоліній модулів мінімального стоку 80 %-ої забезпеченості для теплого і холодного періодів для річок басейну Південного Бугу. Для визначення коефіцієнтів варіації мінімального стоку теплого і холодного періодів рекомендовані регіональні рівняння.

Новизна досліджень. Вперше для дослідженого регіону розроблена методика розрахунку мінімального стоку теплого і холодного періодів на основі сучасних даних (по 2015 рік).

Теоретичне значення. Розроблені науково-методичні рекомендації по визначенню мінімального стоку річок в басейні Південний Буг невивчених у гідрологічному відношенні.

Практичне значення виконаних досліджень складається в надійному обґрунтуванні розмірів гідротехнічних споруд на річках при їх проектуванні, що дозволить раціональніше використовувати водні ресурси регіону та запобігти їх виснаженню.

Результати дослідження рекомендовано використовувати в галузі гідрологічних розрахунків при проектуванні гідротехнічних споруд та при раціональному використанні водних ресурсів регіону.

Кількість сторінок – 87

Кількість рисунків – 25

Кількість таблиць – 9

Кількість використаної літератури – 17

Ключові слова: мінімальний стік річок, теплий і холодний періоди, статистичний аналіз, узагальнення.

SUMMARY

Master's qualification work of student gr. MG-2 Khmelnytska D.Yu. on the theme "Minimum River Runoff during Warm and Cold Periods in the Pivdennyi Bug River Basin".

Actuality of theme. Investigation of the minimum runoff of the rivers represents the interest of scientists in connection with climate change. Methane drainage is characterized by low water consumption. In order to prevent depletion of water resources in the region, it is necessary to use them rationally during the year. Therefore, the question arises about determining the value of the modules of the minimum runoff and assessing their variability within the region under study.

The **purpose** of the study is to develop a methodology for calculating the minimum drainage of warm and cold periods in the basin of the Southern Bug River.

Main tasks: to analyze the conditions for the formation of a minimum runoff in warm and cold periods within the basin of the Southern Bug; carry out statistical analysis of the series of observations; generalize the modules of the minimum runoff and the coefficients of variation across the territory.

Object and subject of research: 30-day minimum water consumption for warm and cold periods in the basin of the Southern Bug River.

Research methods: hydro-genetic, mapping.

The results of the work are presented in the form of isolation maps of modules for the minimum flow of 80% of the supply for warm and cold periods for the rivers of the basin of the Southern Bug. The regional equations are recommended for determining the coefficients of variation of the minimum drain of warm and cold periods.

The novelty of research. For the first time, a method for calculating the minimum drainage of warm and cold periods for the region under study has been developed on the basis of modern data (by 2015).

Theoretical value. Scientific and methodological recommendations for determining the minimum runoff of rivers in the Southern Bug basin have not been studied in hydrological terms.

The **practical significance** of the performed researches is made in a reliable substantiation of the sizes of hydraulic structures at the rivers during their design, which will allow more rational use of water resources of the region and prevent their depletion.

The results of the study are recommended for hydrological calculations in the design of hydraulic structures and the rational use of water resources in the region.

Number of pages is 87

Number of drawings - 25

The number of tables is 9

Number of used literature - 17 Key words: minimum river runoff, warm and cold periods, statistical analysis, generalization.

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ	7
1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ БАСЕЙНУ Р. ПІВДЕННИЙ БУГ	9
1.1 Географічне положення. Рельєф	9
1.2 Геологічна будова. Карст	10
1.3 Підземні води	11
1.4 Ґрунтово-рослинний покрив	12
1.5 Кліматичні умови території	15
1.6 Гідрологічний режим і господарська діяльність	19
2 СТАТИСТИЧНА ОБРОБКА ЧАСОВИХ РЯДІВ МІНІМАЛЬНОГО СТОКУ	23
2.1 Дослідження однорідності часових рядів спостереження. Циклічність коливань мінімального стоку. Метод різницевих інтегральних кривих	23
2.2 Методи статистичної обробки часових рядів спостереження за стоком	31
2.2.1 Метод найбільшої правдоподібності	31
2.2.2 Метод моментів	33
2.2.3 Оцінка точності статистичних параметрів мінімального стоку ...	37
2.3 Статистичні характеристики даних мінімального стоку в басейні Південного Бугу	38
2.3.1 Теплий період	39
2.3.2 Зимовий період	42
3 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ МІНІМАЛЬНОГО СТОКУ РІЧОК	45
3.1 Розрахунок мінімального стоку за наявності даних спостережень. Розрахунок мінімальних витрат води заданої забезпеченості.....	45

3.2	Розрахунок мінімального стоку при коротких рядах спостережень .	
3.3	Розрахунок мінімального стоку за відсутності даних спостережень	53
4	РОЗРОБКА МЕТОДІВ НОРМУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МІНІМАЛЬНОГО СТОКУ ЗА ТЕПЛІЙ І ХОЛОДНИЙ ПЕРІОДИ В БАСЕЙНІ Р. ПІВДЕННИЙ БУГ	55
4.1	При тривалих рядах спостережень	55
4.2	При коротких рядах спостережень	56
4.3	За відсутності даних спостережень	57
4.3.1	Узагальнення модулів мінімального стоку в басейні р. Південний Буг за теплий період	60
4.3.2	Узагальнення модулів мінімального стоку в басейні р. Південний Буг за холодний період	64
4.4	Перевірка точності розрахунку мінімального стоку	70
4.5	Розрахунок коефіцієнтів варіації і асиметрії мінімального стоку	70
	ВИСНОВКИ	73
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	75
	ДОДАТКИ	78

ВСТУП

Дані про мінімальний стік мають важливе значення при вирішенні різних завдань будівельного проектування, водопостачання міст і населених пунктів, обводнення пасовищ, при вирішенні проблем раціонального використання водних ресурсів, а також питань охорони вод від виснаження.

Основною *метою* цієї роботи є розробка рекомендацій щодо розрахунку мінімального стоку, у тому числі невивчених у гідрологічному відношенні річок в басейні р. Південний Буг, що ґрунтуються на аналізі умов його формування, враховують вплив господарської діяльності досліджуваного регіону.

Практичне значення виконаних досліджень складається в надійному обґрунтуванні розмірів гідротехнічних споруд на річках при їх проектуванні, що дозволить раціональніше використовувати водні ресурси регіону та запобігти їх виснаженню.

Виходячи з цього, стає зрозумілим й *наукова* важливість проблеми формування мінімального стоку на річках. Якщо прийняти до уваги, що систематичне вимірювання стоку відбувається далеко не на всіх водотоках, то перед теорією постає задача не тільки вивчення загальних закономірностей формування мінімального стоку, але й розробка розрахункових схем і методів в області визначення мінімального стоку, у тому числі невивчених річок досліджуваного регіону.

Об'єктом дослідження є мінімальні 30-ти добові витрати води теплого і холодного періоду в басейні р. Південний Буг.

Завдання, поставлені в роботі:

- створення бази даних мінімального стоку за теплий і холодний періоди;
- статистичний аналіз часових рядів мінімального стоку;
- визначення циклічності в рядах мінімального стоку;

- розрахунок мінімального стоку за наявності даних спостережень;
- розрахунок мінімального стоку при недостатніх даних спостережень;
- науково-методичні рекомендації щодо визначення мінімального стоку за відсутності даних спостережень (побудова карти модулів стоку 80 %-ої забезпеченості теплого і холодного періодів для річок басейну Південний Буг.

У *першому* розділі проаналізовано умови формування стоку в басейні р. Південний Буг. Описані кліматичні фактори та фактори підстилаючої поверхні, які визначають режим меженного стоку на річках.

У *другому* розділі виконаний статистичний аналіз часових рядів мінімального стоку за теплий і холодний період, перевірено однорідність стокових рядів та проаналізовано циклічність у коливаннях мінімального стоку досліджуваного регіону. Визначені статистичні оцінки рядів: середнє значення, коефіцієнт варіації і асиметрії та співвідношення C_s / C_v .

У *третьому* розділі виконаний аналітичний огляд методів розрахунку мінімального стоку на річках.

У *четвертому* розділі виконана оцінка мінімального стоку досліджуваного регіону та надані рекомендації щодо визначення мінімального стоку 80 %-ої забезпеченості за теплий і холодний період для невивчених у гідрологічному відношенні річок в басейні р. Південний Буг.

Результати магістерської роботи представлялися у вигляді доповідей на міжнародних і університетських конференціях з публікаціями тез-доповідей та семінарах кафедри гідрології суші.

Робота виконувалася на замовлення Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського (лист №17-14-1/1110-06-242 від 25.05.2018 р.).

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ БАСЕЙНУ Р. ПІВДЕННИЙ БУГ

1.1 Географічне положення. Рельєф

Південний Буг єдина велика річка України, котра повністю розташована на території України. Вона бере свій початок в підвищеній частині Волино-Подільського плато в 2 км на північний захід від с. Холодець, Волочиського району Хмельницької області та впадає в Дніпро-Бузький лиман, утворюючи нижче гирла р. Інгул (м. Миколаїв) Бузький лиман, картосхема представлена на рис. 1.1 [1, 2].



Рисунок 1.1 – Карта-схема географічного положення басейна річки
Південний Буг [3]

Басейн річки Південний Буг розташований в межах південно-західної частини Російської платформи і Карпатських гірських споруд. На платформі вони приурочені до західної частини Українського кристалічного щита.

Водозбір річки неправильної грушоподібної форми, котрий звужений у верхній частині.

Природні умови, клімат, рельєф, геологічна будова, гідрологічні особливості зумовили основні риси гідрографічної мережі. Довжина річки 806 км, площа водозбору 63700 км², загальне падіння 328 м, середній ухил водної поверхні 0.4 ‰. Найбільша довжина водозбору 496 км, середня ширина 128 км [2].

1.2 Геологічна будова. Карст

Басейн Південного Бугу розташований в межах трьох геоструктурних районів: верхня частина басейну розміщена на Волино-Подільській височині, середня його частина знаходиться в межах Придніпровської височини, нижня течія належить до Причорноморської низовини.

Карстові явища в гірських і рівнинних ландшафтах описуваної території відрізняються або широким розвитком на порівняно великих площах, або майже непомітним розміщенням окремих форм в долинах і ерозійній мережі. Від масштабних і складних карстових котловин – поплав – до мікрорельєфа, викликаною тріщиноністю, пористістю – все різноманіття карстової морфології підкреслює тут найважливішу характеристику впливу карста на поверхневий стік-його постійну готовність поглинати цей стік і зменшувати його ресурси. Нерівномірність розподілу карстових явищ на великих ділянках пояснюється рядом причин. До них відносяться частіше за все обмеженість розмірів площі виходу карстових порід на поверхність або під шар рухливих покривних відкладень, карто схема геологічної будови річки представлена на рис. 1.2 [3].

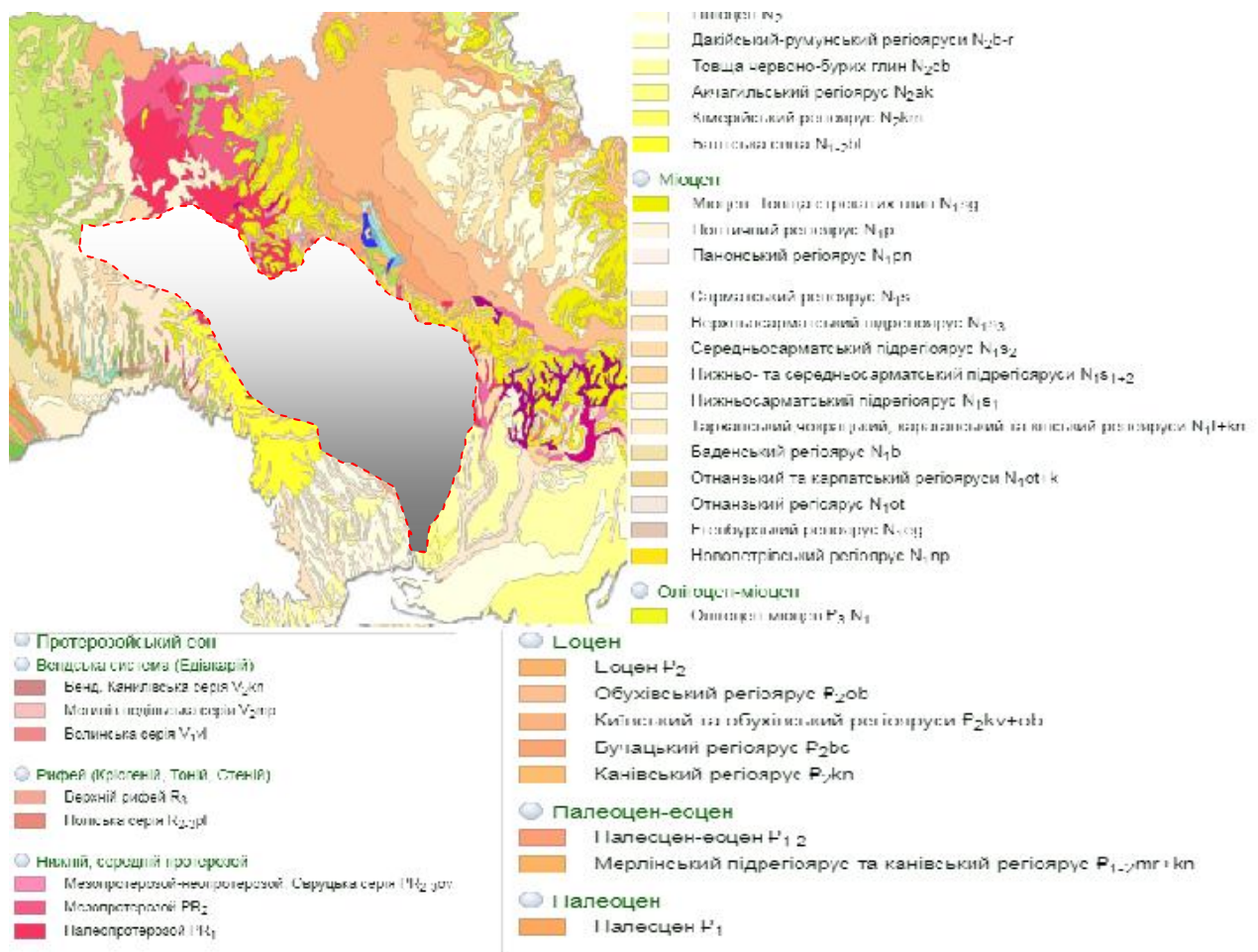


Рисунок 1.2 – Карта-схема геологічної будови річки Південний Буг [3]

1.3 Підземні води

Басейн Південного Бугу в межах описуваної території розміщені в різних геоструктурних регіонах: верхів'я – Волино-Подільський артезіанський басейн, середня течія – область тріщинних вод Українського щита, а пониззя – Причорноморський артезіанський басейн(рис. 1.3). Кожному геоструктурному регіону властиві свої тектонічні, геологічні, геоморфологічні і кліматичні особливості, визначаючі гідрологічні умови.



Рисунок 1.3 – Карта підземних вод України [1].

Басейн Південного Бугу в цілому знаходиться в менш сприятливих умовах для накоплення підземних вод. В верхній його частині, в межах Українського кристалічного масиву, випадає менша кількість опадів, але значна кількість випаровування і поверхневого стоку; нижня половина басейну, розташована в Причорноморській впадині, знаходиться в азидній зоні і характеризується мінімальною кількістю опадів і високою кількістю випаровування [1, 2].

1.4 Ґрунтово-рослинний покрив

Ґрунти. Територія річки Південного Бугу відноситься до рівнинної території. До ґрунтоутворюючих порід в лісостеповій зоні відносяться

четвертині відкладення і сходячі на поверхню продукти вивітрювання крейдових мергелів, третинних вапняків, піщаників, а також продукти вивітрювання магматичних порід в межах Українського кристалічного щита [2].

Із четвертинних відкладень найбільш поширені лісові і лісовинні породи різного генезису, механічного складу і різного ступеня карбонатності, із четвертинних відкладень в якості ґрунтоутворюючих порід поширені алювіальні відкладення. На рис. 1.4 зображена карта-схема ґрунтів [3].

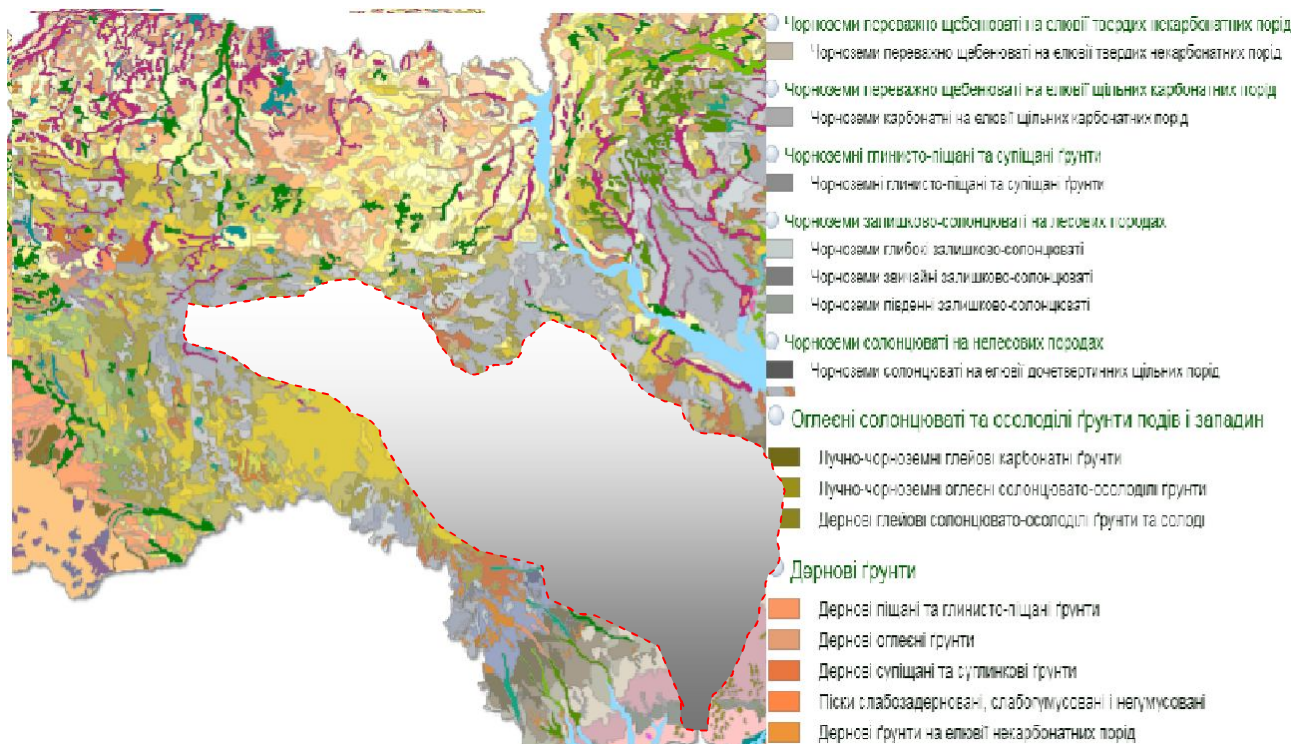


Рисунок 1.4 – Карта-схема ґрунтів басейна річки Південний Буг [3]

На розглянутій території в основному спостерігається світло-сірі і сірі опідзолені суглинкові ґрунти, ці ґрунти бувають різні за механічним складом пильно-легкосуглиністі, супіщані і навіть піщані. Сірі опідзолені ґрунти характеризуються наявністю гумусової-елювіальністю, ілювіальністю горизонтів [1, 2].

Рослинність. Одним із основних факторів, від яких залежить гідрологічний режим території, на ряду з кліматичними, ґрунтово-геологічними

та геоморфологічними являється рослинний покрив. Рослинність кількісно і якісно перерозподіляє надходження на землю опадів і сильно змінює гідрологічний режим даної території. Вона переводить поверхневий стік в ґрунтовий, задержує частину опадів на своїй поверхні, витрачає вологість на транспірацію та інше. На розглянутій рівнинній території спостерігаються сільськогосподарські угіддя на місці широколистяних лісів.

Рослинність в північно-західній частині водозбору представлена широколистяними лісами з переважанням дуба і домішками граба, на південь ліси поступово змінюються на лісостепову і степову зони, спочатку ковильною-різною травною, а потім ковильно-типчаківими зонами, що показано на рис. 1.5. Болота в межах розглянутої території майже не зустрічаються, лише в заплавах територій річок іноді зустрічаються, загальна заболоченість території приблизно 4% [1, 2].

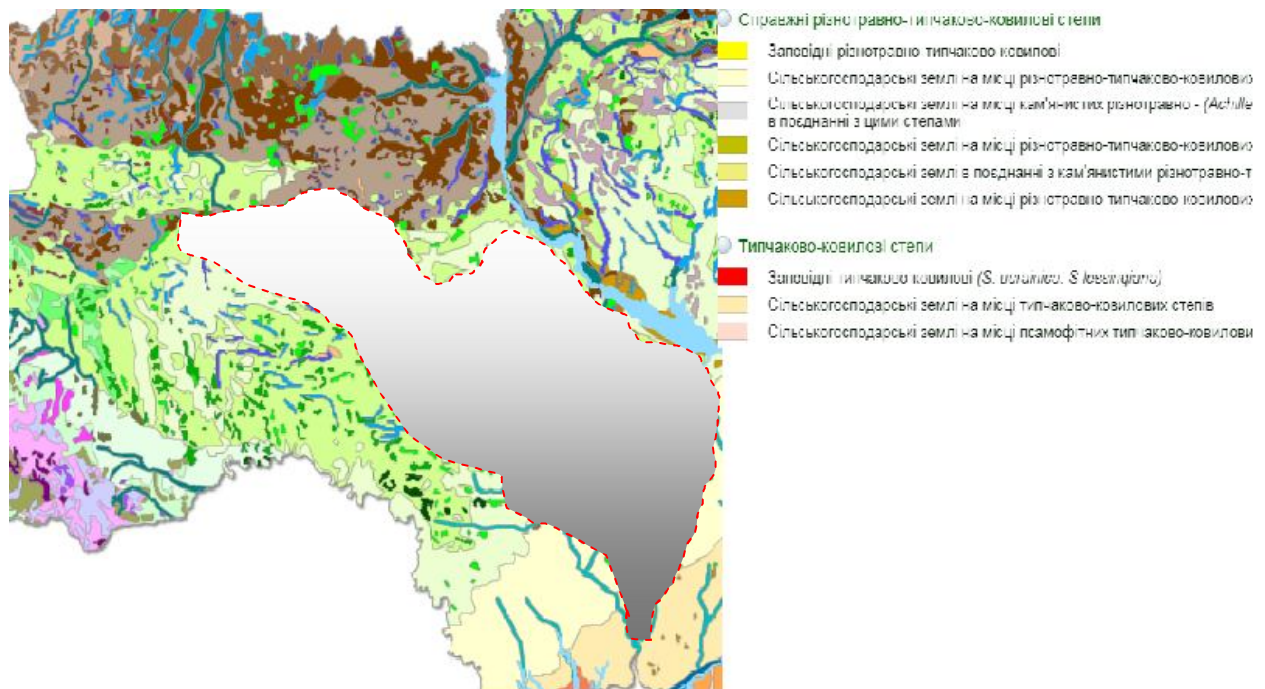


Рисунок 1.5– Карта-схема рослинності басейна р. Південний Буг [3]

Для даної території характерна лісостепова зона, територія характеризується сильною розчленованістю, поширенням крутосхилих

поверхонь, переважанням великих площ зернових і просапних культур, слабкою залісеністю, стрімким таненням снігів і частими зливами. Природна рослинність займає лише 12% всієї площі, із них 11% приходить на ліса, а близько 1% на луги і 0,5% на болота. Степи збереглися тільки на дуже незначних, не пригідних для землеробства ділянках, на рис. 1.5 представлена картосхема рослинності басейну річки Південний Буг [3].

1.4 Кліматичні умови території

Завдяки значній довжині річки, в її басейні відмічаються певні відмінності кліматичних умов. Досліджувана територія знаходиться під впливом повітряних мас, що переміщуються з Атлантики.

Перехід до теплого сезону характеризується послабленням відрогів східних антициклонів, поступовим припиненням арктичних впливів і посиленням відрогів Азорського антициклонна [4-7].

Термічний режим залежить від радіаційних факторів і властивостей повітряних потоків, потрапляючи на дану територію; важливу роль грає підстильна поверхня, рослинний і сніговий покрив. В холодний період року важливу роль грає циркуляційний процес. В результаті циркуляції виникає часта зміна повітряних мас, внаслідок чого температура холодного сезону відрізняється більшою нестійкістю що зображено на рис. 1.6. Одним з важливих елементів гідрологічного режиму, а саме стоку є осадки. Максимум числа днів з опадами спостерігається взимку, вторинний максимум в травні - червні, а чіткий мінімум в вересні. Найбільшу шкоду народному господарству приносять дощі з кількістю опадів 70мм і більше. Ці дощі спостерігаються з травня по грудень, але найчастіше влітку. Подовженість ливнів коливається в великому діапазоні, від 2 до 24 годин і більше. Радіаційний режим залежить від тривалості дня і висоти сонця, режиму хмарності і прозорості атмосфери.

Мінімальне значення радіаційного балансу спостерігається взимку, воно становить $1,5 \text{ ккал/см}^2$. Так як в весняний період тривалість дня збільшується, збільшується висота сонця, відбувається схід сніжного покриву спостерігається збільшення величини радіаційного балансу [4-5].

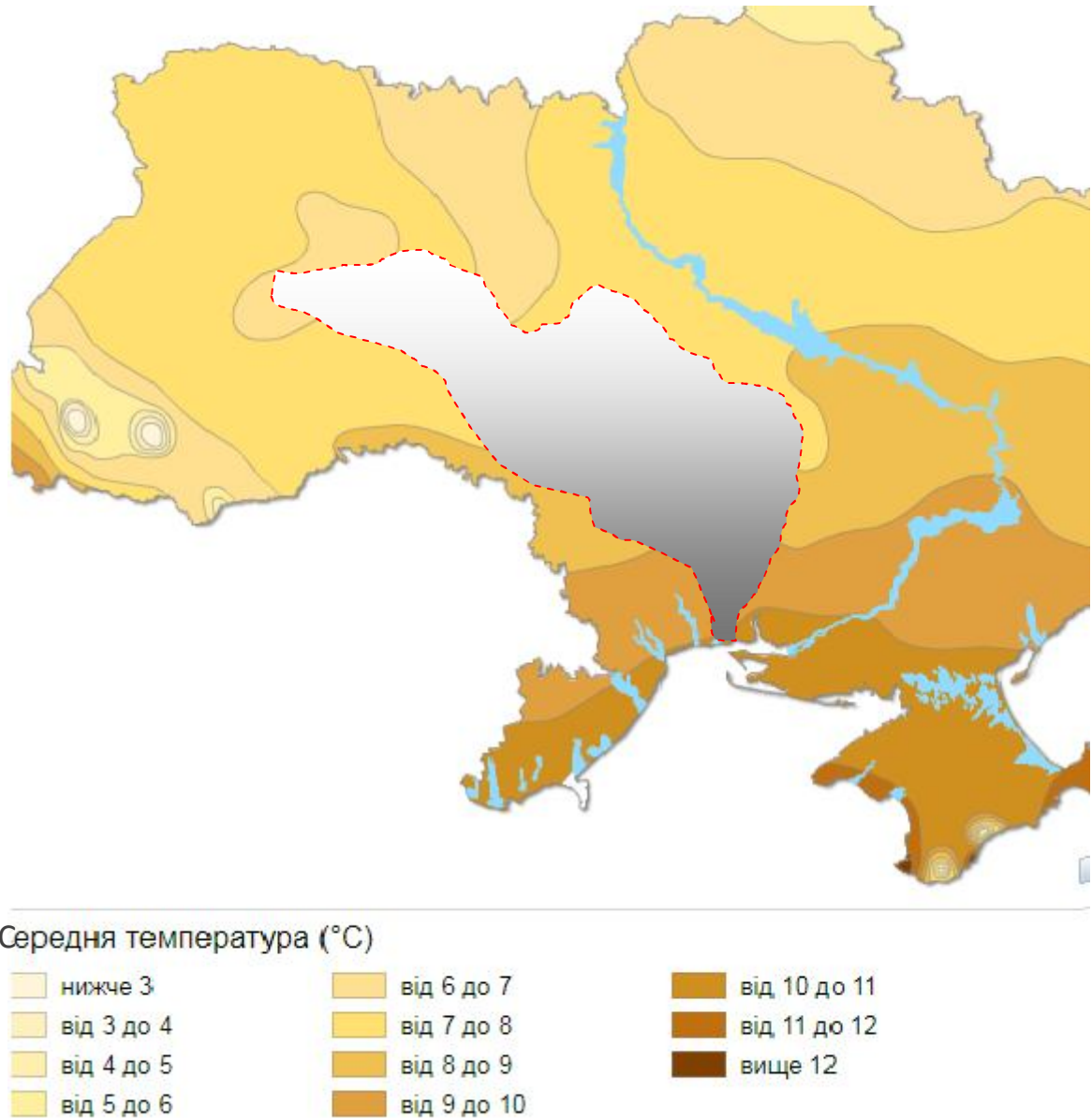


Рисунок 1.6–Середня температура повітря басейна р. Південний Буг [3]

Температура повітря і випаровування. Середня річна температура на розглянутій території змінюється від $6,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ на півночі до $8,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ на півдні (табл. 1.1). Найхолодніший місяць січень. Його середня температура

коливається від 5.6°C до -4.8°C . Абсолютні мінімуми доводяться на січень і лютий місяць і досягають на півночі -32°C . Абсолютний максимум температури досягає $+39^{\circ}\text{C}$. Весна починається з переходом температури повітря через 0°C і руйнування стійкого сніжного покриву.

Таблиця 1.1 – Середні місячні і річні температури повітря

№ з/п	Станція	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
1	Хмельн. АМСГ	-5.6	-4.6	0.0	7.0	13.6	16.8	18.6	17.6	13.0	7.00	1.6	-3.0	6.8
2	Неміров	-5.6	-4.8	-0.2	7.4	14.1	17.4	19.1	18.5	13.6	7.7	1.5	-3.1	7.1
3	Первомайськ	-4.8	-3.9	0.9	8.6	15.4	19.0	21.4	20.6	15.6	9.2	2.6	-2.4	8.5

Весна настає приблизно на початку березня на півдні, потім просувається на північ, куди підходить в середині березня. Найбільш жарка частина літа, з середньою добовою температурою вище 15°C продовжується 3-4 місяці, приблизно з другої декади серпня (на півдні) і останньої декади серпня північніше.

Настання осені пов'язане з переходом температури через 10°C . Триває осінь 2-3 місяці. У другій половині осіннього періоду можливі потеплення. Для пізньої осені характерна похмура погода протягом другої половини листопада. Осінь характеризується переважно нестійкою погодою, частими туманами, ожеледицями і короткочасними утвореннями сніжного покриву. В середньому, цей період триває в перебігу місяця. В окремих випадках зима встановлюється відразу і перехідного періоду зовсім не буває. Найбільш холодна частина зими співпадає з переходом температури повітря через -5°C , що зазвичай відбувається в першій декаді січня. Зима триває 2-3 місяці [4-7].

Випаровування має велике значення на даній території.

У роботах Е.Д. Гопченко і Н.С. Лободи [8] на основі даних про складові радіаційного балансу розроблена методика оцінки теплоенергетичних ресурсів клімату України, еквівалентом теплоенергетичних ресурсів є величина – максимально можливого випаровування E_m . Найменший градієнт змінення

величини E_m спостерігається в верхів'ї басейну Південного Бугу 750 мм і збільшується до 1000 мм на Причорномор'ї, на рис. 1.6 представлена картосхема кліматичних умов території яка розглядається.

Опади. Одним з найважливіших елементів формування гідрологічного режиму і особливістю стоку, є атмосферні опади.

Дана територія характеризується недостатнім зволоженням. Атмосферні опади відрізняються значною мінливістю по роках. Річні суми опадів коливаються від 570 мм на півдні до 654 мм на півночі (табл.1.2). У окремі періоди можуть спостерігатися засухи [5].

Таблиця 1.2 – Місячні, річні і добові суми опадів (мм)

№ з/п	Станція	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
1	Хмельн. АМСГ	-5.6	-4.6	0.0	7.0	13.6	16.8	18.6	17.6	13.0	7.00	1.6	-3.0	6.8
2	Неміров	-5.6	-4.8	-0.2	7.4	14.1	17.4	19.1	18.5	13.6	7.7	1.5	-3.1	7.1
3	Перво-майськ	-4.8	-3.9	0.9	8.6	15.4	19.0	21.4	20.6	15.6	9.2	2.6	-2.4	8.5

Сніжний покрив в межах описуваної території характеризується нестійкістю. У центральній частині басейну Південного Бугу поява сніжного покриву відмічена у другій-третьій декаді листопада. Середнє число днів з сніжним покривом (ст. Хмельницький) складає 82 дні, середня дата появи стійкого сніжного покриву спостерігається в кінці грудня. Руйнування стійкого сніжного покриву починається в середині лютого, у центральній частині басейну Південного Бугу в першій декаді березня. Сніготанення на описуваній території характеризується значною інтенсивністю.

В окремі зими сніжний покрив практично відсутній.

Вітровий режим описуваної території визначається умовами загальної циркуляції атмосфери і особливостями рельєфу. У районі Волино – Подольського плато вітер має північно-західний напрям. У східній частині басейну річки Південний Буг переважаючим напрямом вітру є північне і північно-східне [4].

Середньорічні швидкості вітру коливаються від 3,5-4 м/с (табл.1.3). Великі швидкості вітру найчастіше мають місце в лютому і березні, коли навіть середньомісячна величина майже щомісячно перевищують 3,0 м/с[4].

Таблиця 1.3 – Середня місячна і річна швидкість вітру (м/с)

№ з/п	Станція	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
1	Хмельн. АМСГ	4.6	4.8	4.5	3.9	3.7	3.4	2.8	2.8	3.1	3.3	4.5	4.3	3.8
2	Перво-майськ	4.3	4.9	4.8	4.5	4.2	4.2	3.7	3.4	3.2	3.2	3.5	4.2	4.3

1.5 Гідрологічний режим і господарська діяльність

Водний режим визначається гідрологічними і гідрографічними особливостями території. З урахуванням цих особливостей виявилось можливим виділити наступні гідрологічні райони - Верхньобузький, Средньобузький, і невелика частина Подільського району. Річки цих гідрологічних районів характеризуються яскраво вираженою весняною повінню і низькою меженню, в різному ступені порушеної літніми і зимовими паводками, унаслідок випадіння дощів літом і танення снігу весною[9].

Повінь на р. Південний Буг нерідко проходить декількома хвилями, що особливо виявляється при ранніх поверненнях холодів.

Нерідко повінь ускладнена і посилюється опадами які випадають весною.

Зміна рівня води на річках даної території не завжди обумовлюється зміною водності. В період літньо-осінньої і зимової межени спостерігається підвищення рівня води, пов'язане з підпором від водної рослинності в період відкритого русла і від льодових явищ тих, що утворилися в зимовий час.

Було розглянуто 18 постів розташованих на досліджуваній території, таких, що відносяться до басейну річки Південний Буг (рис. 1.6).

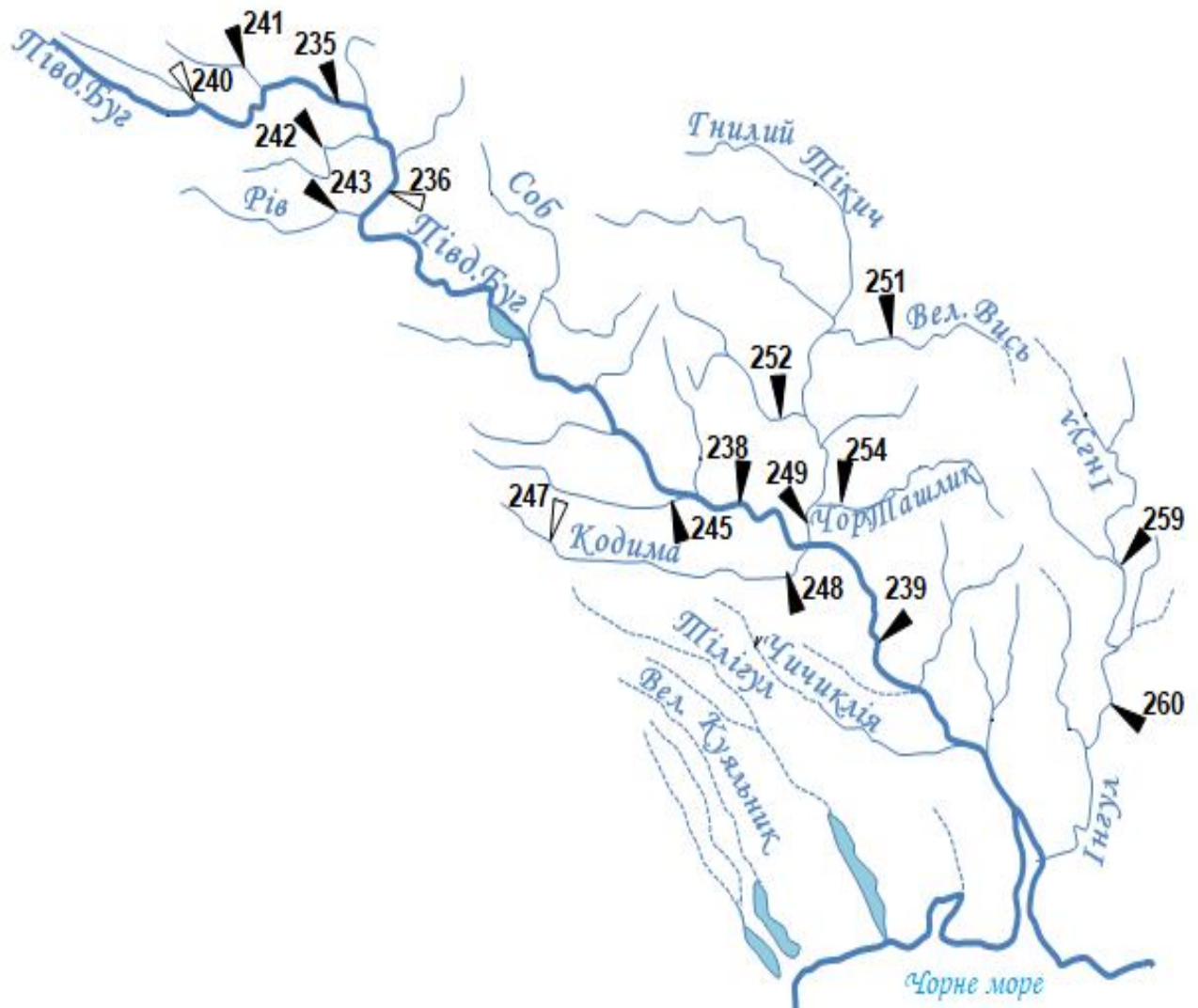


Рисунок 1.7 – Карта-схема розташування гідрологічних постів
р. Південний Буг

В дод. А1 представлена таблиця гідрографічних характеристик для басейну р. Південний Буг. Для виконання магістерської роботи були вибрані найважливіші гідрографічні характеристики для басейну річки, а саме: відстань від витoku та від найбільш видаленої точки річкової мережі, ухил річки середній, та середньозважений, площа водозбору, середня висота водозбору, озерність, заболоченість, лісистість, розпаханість та широта. Всі ці характеристики нам були потрібні для розрахунків. З представленого додатку видно що всі пости розташовані в одній географічній зоні, середня висота

водозборів коливається в межах від 150 м до 320 м, площа водозбору від 439 км² (р. Іква-с. Стара Синява) до 46200 км²(р. Південний Буг – смт Олександрівка) [9].

Господарська діяльність: Основними водокористувачами водами Південного Бугу є гідроенергетика, промислове і комунальне водопостачання, зрошування. Від інших крупних річок України Південний Буг відрізняється великою кількістю ставків і водосховищ, найбільшими серед яких є: Мар'янівське (773 км від гирла), Хмельницьке (755 км), Меджибожське (711 км), Щедрівське (681 км), Новокопачівське (678 км), Сандрацьке (640 км), Сабарівське (571 км), Сутіське (538 км), Брацлавське (458 км), Ладизинське (400 км), Глибочицьке (372 км), Гайворинське (366 км), Першотравневе (196 км), Олександрівське (132 км).

Окрім головної річки басейну, значна кількість водосховищ створена на її притоках – річках Рів, Соб, Синюха, Гірський Тікич, Інгул і ін. Серед крупних водогосподарських об'єктів на Південному Бугу виділяється Ладизинське водосховище, створене в 1964 р. у Вінницькій області і комплексне призначення, що має, – служить водоймищем-охолоджувачем Ладизинській ТЕС і використовується для роботи однойменної ГЕС. При підпірному рівні 177,0 м водосховище має повний об'єм 150,8 млн. м³, площа – 20,8 км² і довжину до 45 км. Серед інших водосховищ Південного Бугу своїми розмірами виділяється Щедрівське (повний об'єм – 30,1 млн. м³), а найбільшими водосховищами на притоках є Ташлитське (що служить водоймищем-охолоджувачем Південно-Української АЕС, повний об'єм 86,0 млн. м³) і Софіївське (на річці Інгул, 36,0 млн. м³).

Окрім гідроенергетики, стік Південного Бугу використовується в комунальному господарстві і в різних галузях промисловості. На річці розташовано три обласні центри – Хмельницький, Вінниця і Миколаїв, але якісні характеристики води дозволяють її використовувати лише у Вінниці. Водопостачання Хмельницького частково здійснюється з використанням родовища підземних вод, розташованого в басейні річки Случ, а в Миколаєві

використовується вода з Дніпра. Зрошення в басейні Південного Бугу не знайшло широкого розвитку, при цьому найбільшою зрошувальною системою є Південно-Бузька [2, 10].

Таблиця 1.4 – Розподіл гідрологічних постів за площею водозборів та тривалістю спостережень в басейні р. Південний Буг

Період спостережень	□20 років	20-50 років	□50 років	Всього
Малі 10-100 км ²	-	-	-	-
Середні 100-1000 км ²	-	2	2	4
Великі 1000-10000 км ²	-	1	10	11
Дуже великі □10000 км ²	-	-	2	2
Всього	-	3	14	17

В табл. 1.4 представлений розподіл гідрологічних постів за площею та тривалістю спостережень для басейну р. Південний Буг. З даної таблиці ми можемо виділити що при періоді спостережень менше 20 років, на нашій території річки не виділені. З діапазоном 20-50 років спостережень ми розглянули що маємо 2 пости з площею 100-1000 км² це р. Кодима - с. Обжила та р. Бужок –сmt Меджибож, р. Ров - с. Демидівка має діапазон площі в межах 1000-10000 км². При періоді спостережень більше 50 років річки з малими площами не виділені, при площах 100-1000 км², це середні річки р. Південний Буг – Лелітки та р. Іква - с. Стара Синява. До великих водозборів ввійшло 7 річок, а саме р. Південний Буг - с. Сабаров, р. Савранка - с. Осички, р. Кодима - с. Катеринка, р. Велика Вись - с. Ямполь, р. Ятрань - с. Покотилово, р. Чорний Ташлик - с. Тарасівка, р. Інгул - с. Середнєвка та р. Інгул - м. Новогорожене. Та лише дві річки ввійшли до дуже великих при тривалості років спостережень більше 50 років, а саме р. Південний Буг - сmt Олександрівка та р. Синюха - с. Синюхин Брід.

2 СТАТИСТИЧНА ОБРОБКА ЧАСОВИХ РЯДІВ МІНІМАЛЬНОГО СТОКУ

2.1 Дослідження однорідності часових рядів спостереження. Циклічність коливань мінімального стоку. Метод різницевих інтегральних кривих

Аналіз однорідності рядів гідрологічної інформації проводиться прийнятими в практиці гідрологічних розрахунків способами і прийомами [11]. Однорідність гідрологічних рядів спостережень за стоком може встановлюватися як для середніх річних величин річкового стоку, так і за окремі сезони, в першу чергу для межени. Подібний аналіз може проводитися для наявних рядів спостережень за ґрунтовим стоком.

Зміна водного режиму окремих територій в результаті впливу на нього широкого комплексу різних водогосподарських заходів призводять до того, що ряди спостережень за загальним річковим стоком, весняного водопілля, а також ґрунтовим стоком часто виявляються неоднорідними і являють для пунктів з досить великим періодом спостережень дві сукупності чисел, одна з яких відноситься до періоду природного режиму поверхневих і ґрунтових вод, інша - до порушеного.

Завдання аналізу однорідності рядів спостережень за стоком передбачає вирішення двох основних завдань.

Перше з них полягає у встановленні моменту порушення водного режиму, починаючи з якого наступні значення гідрологічних характеристик можуть бути не однорідними [11].

Друге завдання включає визначення істотності (значущості) розбіжностей в однорідності вибірок при заданому рівні значущості, тобто власне перевірку початкової гідрологічної інформації відносно гіпотези однорідності. Сюди також можна віднести рішення задачі кількісної оцінки виявлених порушень річкового стоку під впливом різних водогосподарських заходів.

Аналіз однорідності рядів гідрологічної інформації статистичними методами, або, іншими словами, статистична перевірка гіпотези про однорідність рядів гідрологічної інформації, може бути здійснена на основі використання стандартних (параметричних) і непараметричних критеріїв.

Для оцінки точності результатів розрахунків вибірка (вихідний ряд спостережень) повинна бути репрезентативною. Під репрезентативністю розуміють дві умови: 1) вибірка повинна бути однорідною; 2) елементи вибірки повинні відображати основні властивості генеральної сукупності [11]. Аналіз однорідності вибірки проводився на основі критеріїв Гнеденко - Королюка при обсязі вибірки і критерію Колмогорова - Смирнова. Обидва методи засновані на аналізі інтегральних емпіричних функцій розподілу ймовірностей або кривих забезпеченості.

Узагальнення критеріїв Стьюдента і Фішера на випадок корільованих в часі і просторі і асиметричних послідовностей значень гідрологічних величин. Якщо вибіркові середні і дисперсії виявляються однорідними, а також будуть однорідними вибіркові коефіцієнти асиметрії, то можна стверджувати про однорідність функції розподілу (кривою Пірсона III типу або кривої три параметричного гамма-розподілу Крицького С.М. – Менкеля М.Ф.) [12]. Перевірка однорідності рядів гідрологічних характеристик починається з оцінки однорідності вибіркових дисперсій за критерієм Фішера. Для цього на підставі наявних даних спостережень обчислюється статистика Фішера і визначається її критичне значення при прийнятому рівні значущості, коефіцієнтах асиметрії та автокореляції.

Нульова гіпотеза про рівність емпіричних дисперсій приймається, якщо статистика Фішера менше критичного значення і відкидається зі статистичною надійністю, де рівень значущості, якщо має місце протилежне нерівність. Критичне значення статистики Фішера при оцінці однорідності асиметрично розподілених рядів, що мають достовірну кореляцію, визначається за спеціально розробленими таблицями [13]. Статистика Стьюдента при оцінці однорідності двох вибіркових середніх розраховується за рівнянням

$$t = \frac{(\hat{x}_1 - \hat{x}_2)}{\sqrt{n_1\sigma_1^2 + n_2\sigma_2^2}} \sqrt{\frac{n_1n_2(n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}, \quad (2.1)$$

де \hat{x}_1, \hat{x}_2 - вибіркові середні порівнюваних рядів;

σ_1^2, σ_2^2 - дисперсії порівнюваних рядів;

n_1, n_2 - довжина першого і другого ряду.

Критичні значення статистики Стьюдента при наявності кореляції між суміжними членами ряду розраховуються за рівнянням [12].

$$t'_{кр} = c_1 t_0, \quad (2.2)$$

де c_1 - перехідний коефіцієнт, що є функцією $r(1)$;

t_0 - Критичне значення статистики Стьюдента при $r(1) = 0$.

Статистична неоднорідність параметрів порівнюваних вибірок найчастіше пов'язана з існуванням деякої тенденції розвитку процесу. При впливі антропогенного чинника, зростаючого або зменшується в часі, має сенс припустити існування лінійного зв'язку між спостерігається величиною стоку і часом [12].

$$y_i = b_0 + b_1 t_i, \quad (2.3)$$

де b_0, b_1 - коефіцієнти рівняння лінійної регресії;

t_i - рік спостереження або порядковий номер елемента в часі ряду;

y_i - спостережене значення досліджуваної характеристики в момент.

Отримане рівняння регресії перевіряється на надійність. Надійність визначається тим, наскільки значима кореляційний зв'язок між розглянутими випадковими величинами, значимістю параметрів, що входять в рівняння

регресії, а також шириною довірчого інтервалу, в який вкладаються оцінки зазначених параметрів.

Процедура перевірки значимості параметрів рівняння лінійної регресії полягає в порівнянні розрахунковими характеристики t_C з критичним значенням t_{Ckp} . Якщо $t_C > t_{Ckp}$, нульова гіпотеза про незначущості параметра відкидається [12].

В дод. Б1-Б2 представлено результати дослідження часових рядів на однорідність для р. Південний Буг за теплий та холодний періоди.

За загальним висновком (табл. 2.1) за критеріями Фішера, Стьюдента та Уїлкоксона за теплий період лише 4 пости однорідні при 1% та 5% рівні значущості, а саме р. Іква - с. Стара Синява, р. Ров - с. Демидівка, р. Савранка - с. Осички та р. Синюха - с. Синюхин Брід [14].

Таблиця 2.1 – Узагальнення результатів перевірки на однорідність рядів мінімального стоку в період відкритого русла та зимової межени в басейні р. Південний Буг

Критерій	Теплий період				Холодний період			
	Однорідний		Неоднорідний		Однорідний		Неоднорідний	
Рівень значущості, %	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%
Критерій Фішера	13	10	4	7	11	9	6	8
Критерій Стьюдента	6	4	11	13	4	5	13	12
Критерій Уїлкоксона	7	4	10	13	4	3	13	14
Загальний висновок	6	4	11	13	3	4	14	13

Річка Південний Буг - с. Підгір'я та р. Згар – смт Літинза загальним висновком однорідні лише при рівні значущості 1%.

При розглядані холодний періоду за основним висновком 3 пости однорідних при 1% та 5% рівні значущості, а саме р. Згар – смт Літин, р. Ров -

с. Демидівка та р. Ятрань - с. Покотилово. При рівні значущості 5% р. Савранка - с. Осички показала однорідність, та р. Південний Буг - с. Летки при рівні значущості 1%.

Циклічність коливань мінімального стоку. Циклічність – послідовна зміна маловодних і багатоводних груп років, що відрізняються по своїй тривалості і ступеню відхилення від середнього. Циклічність коливань мінімального стоку річок можна досліджувати по хронологічному графіку. Однак ці календарні графіки зміни мінімальних величин стоку не завжди дають достатньо повне уявлення про циклічні коливання стоку, в результаті 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.

Метод різницевих інтегральних кривих. При побудуванні різницевої інтегральної кривої розраховують наростаючу суму відхилень з урахуванням знаку.

Різницева інтегральна крива має ту властивість, що тангенс кута α прямої, яка поєднує дві точки інтегральної кривої із віссю абсцис, характеризує середню величину підінтегральної функції за період m років, тобто [12]:

$$\operatorname{tg} \alpha = (K_i - 1)_{cp} = \frac{l_k - l_n}{m}, \quad (2.4)$$

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

m – число років у періоді часу.

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:

$$\sum_{i=1}^t (K_i - 1) = f(t), \quad (2.5)$$

де K_i - модульний коефіцієнт.

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

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

Побудовано різницево-інтегральні криві для теплого та холодного періоду (рис. 2.1, 2.2). На рис. 2.1 чітко виділяються маловодні та багатководні фази для р. Південний Буг – с. Сабарів, р. Кодима-с. Катеринка, р. Південний Буг-с. Лелітки, р. Південний Буг - с. Підгір'я, р. Чорний Ташлик - с. Тарасівка та ін. Лише на деяких річках циклічність маловодних та багатководних циклів не ярко виражена а саме на р. Ятрань - с. Покотилове р. Синюха - с. Синюхін Брід.

За холодний період відповідно побудовані різницево-інтегральні криві, на котрих виділяються як маловодні так і багатководні фази, р. Кодима-с. Катеринка, р. Південний Буг - смт Олександрівка, р. Чорний Ташлик - с. Тарасівка та р. Південний Буг-с. Сасів мають закінчений цикл, тобто на цих постах яскраво виділяється маловодна та багатководна фаза. Лише р. Іква - с. Стара Синява та р. Ятрань - с. Покотилове мають не чітко виражені фази водності.

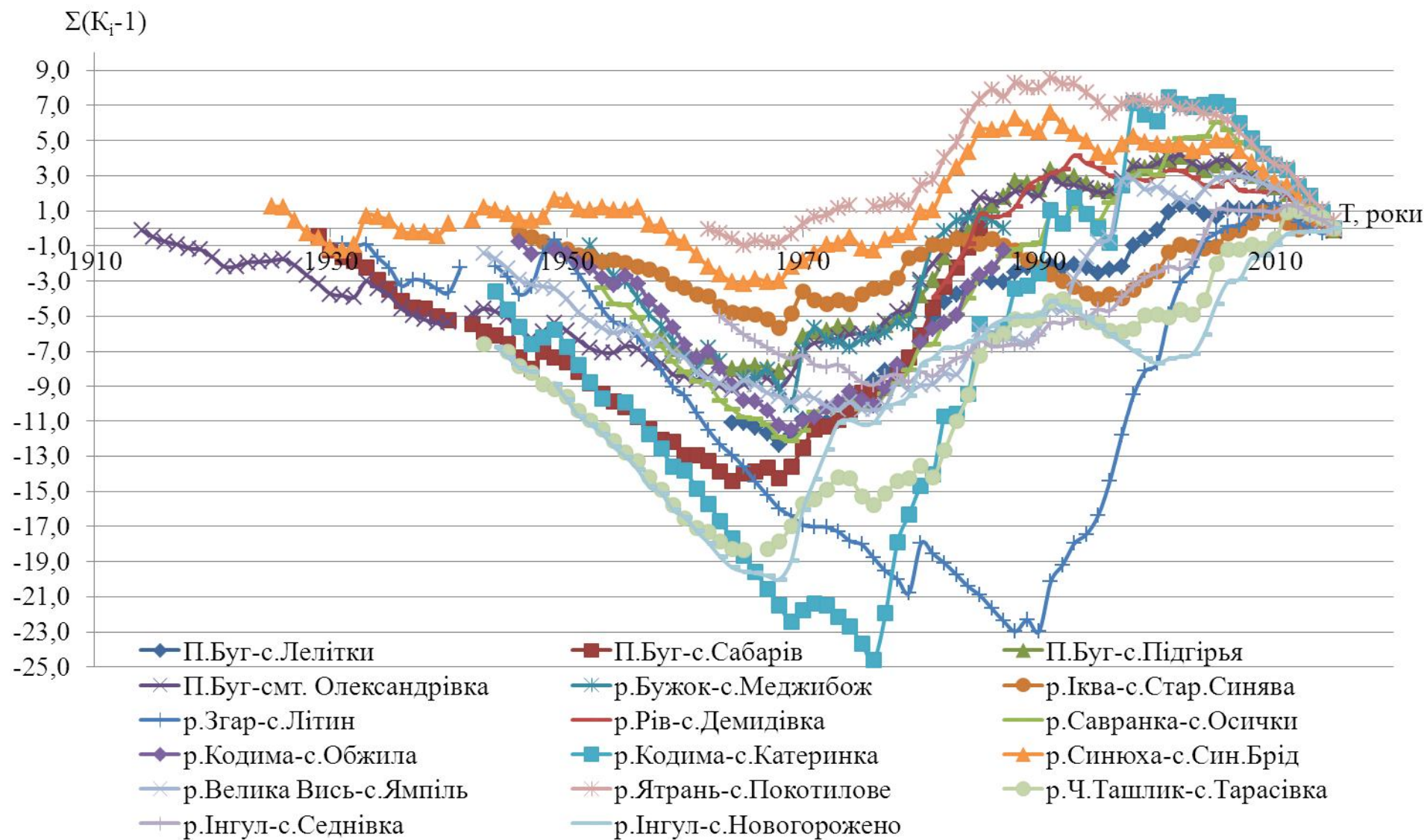


Рисунок 2.1 – Графіки різницевоїх інтегральних кривих для басейна річки Південний Буг за теплий період

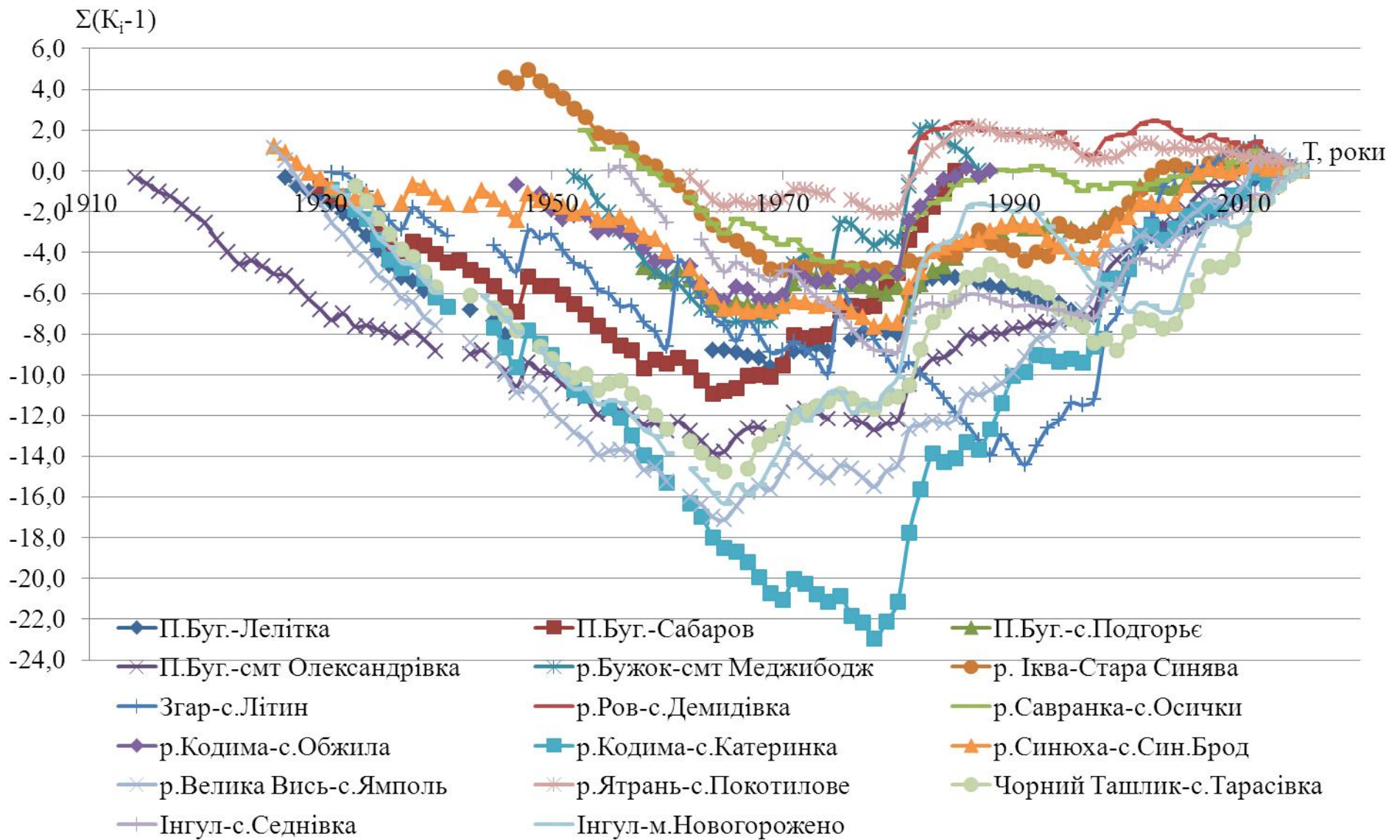


Рисунок 2.2 – Графіки різницевої інтегральних кривих для басейна річки Південний Буг за холодний період

Якщо порівнювати два періоди, то в останні роки на річках спостерігаються протифази, якщо розглядати теплий і холодний період. Як відмічалось вище, не по всіх постах відмічаються однакові фази водності на розглянутій території. Виключенням є зарегульовані водозбори [2].

2.2 Методи статистичної обробки часових рядів спостереження за стоком

2.2.1 Метод найбільшої правдоподібності

Походження назви цього методу зв'язане із застосуванням функції правдоподібності до визначення статистичних параметрів трьох-параметричного гамма - розподілу С.М. Крицького і М.Ф. Менкеля [11].

З одного боку, функція правдоподібності - це вірогідність сумісної появи вибірки в цілому, з іншою, вірогідність сумісної появи події - це добуток ймовірностей появи кожної з подій. Отже, це добуток щільностей вірогідності всіх елементів вибірки, які містять в собі невідомий параметр, який необхідно оцінити.

Метод найбільшої правдоподібності - метод математичної статистики, в якому за оцінку невідомого значення параметра щільності вірогідності 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 і має такий вигляд;

$$L(x_1, x_2, \dots, x_n, \theta) = f(x_1, \theta), f(x_2, \theta), \dots, f(x_n, \theta). \quad (2.6)$$

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

$$\frac{\partial L}{\partial \theta} = 0 . \quad (2.7)$$

З метою спрощення розрахунків функції правдоподібності її логарифмують і розглядають рівняння

$$\frac{1}{L} \frac{\partial L}{\partial \theta} = \frac{\partial \ln L}{\partial \theta} . \quad (2.8)$$

Таким чином, якщо для деякого параметра i існує його ефективна оцінка, то вона є єдиним в цьому випадку вирішенням рівняння. Метод найбільшої правдоподібності приводить до обґрунтованих оцінок з незначним зсувом. Але вид розрахункових формул статистичних параметрів залежать від вибраного закону розподілу випадкової величини. Е.Г. Блохінов застосував метод найбільшої правдоподібності до трьохпараметричного гамма-розподілу С.М. Крицького і М.Ф. Менкеля [11]. Строге рішення приводить до складних трансцендентних рівнянь. У зв'язку з цим був запропонований спрощений спосіб оцінки параметрів. У результаті отримані такі статистики

$$\hat{\lambda}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} , \quad (2.9)$$

$$\hat{\lambda}_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg \frac{x_i}{\bar{x}}}{n} , \quad (2.10)$$

$$\hat{\lambda}_3 = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{\bar{x}} \lg \frac{x_i}{\bar{x}}}{n} . \quad (2.11)$$

Перша із статистик λ , рівна середньоарифметичному значенню випадкової величини X . Двеінші (λ_2, λ_3) функціонально пов'язані з коефіцієнтом

варіації C_v коефіцієнтом асиметрії C_s . Для переходу від λ_2 і λ_3 до C_v і C_s/C_v побудовані спеціальні номограми.

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

$$\hat{\lambda}_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg k_i}{n-1}, \quad (2.12)$$

$$\hat{\lambda}_3 = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \lg k_i}{n-1}. \quad (2.23)$$

2.2.2 Метод моментів

В основі цього методу лежить визначення статистичних параметрів кривих розподілу y через статистичні моменти. 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 пропорційної вірогідності появи цієї випадкової величини [11-12].

Тоді сума створів всіх можливих значень випадкової величини x на вірогідність цих значень p являє собою абсцису центру тяжіння всієї системи N матеріальних крапок (математичне очікування):

$$m_x = \sum_{i=1}^n p_i x_i \quad (2.24)$$

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

$$m_x = \frac{x_1 p_1 + x_2 p_2 + \dots + x_n p_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i p_i}{\sum_{i=1}^n p_i}, \quad (2.25)$$

де
$$\sum_{i=1}^N p_i = 1. \quad (2.26)$$

При описі властивостей, статистичній сукупності використовуються моменти двох видів: початкові α_i центральні μ

$$\alpha_s = \sum_{i=1}^N x_i^s p_i, \quad (2.27)$$

$$\mu_i = \sum_{i=1}^N (x_i - m_x)^i p_i, \quad (2.28)$$

де S - порядок моменту.

Перший початковий момент α_1 дорівнює математичному очікуванню m_x . Другий центральний момент називають дисперсією і позначають $\sigma^2 x$. З них найбільше застосування в статистиці знайшли статистичні моменти $\alpha_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$ і їх безрозмірні характеристики (нормовані моменти). Останні мають такий вигляд:

- коефіцієнт варіації

$$C_v = \frac{\sqrt{\mu_2}}{m_x} \quad \text{або} \quad C_v = \frac{\sigma_x}{m_x}; \quad (2.29)$$

- коефіцієнт асиметрії

$$C_s = \frac{\mu_3}{\sigma_x^3}; \quad (2.30)$$

• эксцес

$$\varepsilon = \frac{\mu_4}{\sigma_x^4} - 3; \quad (2.31)$$

Кожен з цих моментів містить в собі певну інформацію про характер розподілу випадкової величини. Перший початковий момент \acute{a}_1 або математичне очікування, m_x з центром розподілу випадкової величини. Нормовані статистичні моменти C_v і C_s можна виразити через модульні коефіцієнти k_i

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n}}; \quad (2.32)$$

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{nC_v^3}; \quad (2.33)$$

де
$$k_i = \frac{x_i}{\bar{x}}. \quad (2.34)$$

Оцінки центральних статистичних моментів другого, третього і більш вищих порядків не відповідають вимогам незміщеності. Отже, при використанні розрахункових формул, приведених вище, ми обчислюватимемо моменти з систематичною погрішністю. Для уникнення цього у формули вводяться поправочні коефіцієнти:

для другого центрального моменту

для третього

$$\frac{n}{n-1}$$

$$\frac{n^2}{(n-1)(n-2)}$$

В результаті розрахунків формули мають такий вигляд:

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (2.35)$$

або

$$\hat{C}_v = \frac{\hat{\sigma}_x}{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n-1}} \quad (2.36)$$

$$\hat{C}_s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\hat{\sigma}_x^3} \frac{n}{(n-1)(n-2)} \quad (2.37)$$

або

$$\hat{C}_s = \frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{\hat{C}_v^3} \frac{n}{(n-1)(n-2)} \quad (2.38)$$

Що стосується ексцесу, то ця характеристика розподілу не використовується в гідрологічних розрахунках, тому що навіть при щодо довгих рядах стоку вона є недостовірною.

Слід зазначити, що введення поправочних множників допомагає усунути зміщеність параметрів стокових рядів лише при $C_v < 0,5$. При $C_v > 0,5$ застосувань методу моментів в гідрологічних розрахунках не рекомендується [13].

2.2.3 Оцінка точності статистичних параметрів мінімального стоку

Як вже наголошувалося вище, оцінка параметра може відрізнятись від значення цього ж параметра генеральної сукупності. Якість оцінок визначається їх систематичними і випадковими погрішностями. Систематичні погрішності можна усунути, а випадкові лише оцінити. Вичерпне уявлення про випадкові погрішності оцінок параметрів дає знання їх закону розподілу, але оскільки ряди стоку підкоряються розподілу, який відрізняється від нормального, встановити закон розподілу вибірових оцінок іноді неможливо. У гідрологічних розрахунках встановлюють середньоквадратичну погрішність оцінок, яка є основним показником випадкових погрішностей. Оцінювання середньоквадратичного відхилення вибірових оцінок параметрів проводилося на основі методу статистичних випробувань по такому алгоритму:

1. Генерація генеральної сукупності стічних величин по вибраній функції розподілу і заданих статистичних параметрів, яка розбивається на вибірки менші за об'ємом.
2. Розрахунки зміщених оцінок параметрів по вибірках.
3. Усунення змішаності оцінок.
4. Розрахунки середньоквадратичного відхилення незміщених оцінок від значення параметрів генеральної сукупності [13].

Саме таким шляхом були розроблені формули середньоквадратичного відхилення параметрів C_s і C_v . Що стосується оцінки математичного очікування, то його середньоквадратичне відхилення розраховується по формулі розробленою для величин, які підкоряються нормальному закону розподілу, тобто

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.39)$$

допустившись при цьому припущення, що нормальний закон розподілу вибірових середніх, зберігається і для вибірок, які відхиляються від нормального розподілу.

Стандарт відношення C_s/C_v , встановленого по методу найбільшої правдоподібності, також можна знайти, використовуючи зв'язок у C_s/C_v і C_v .

Відношення стандарту вибіркової оцінки до самого значення вибіркового параметра, вираженого у відсотках, називається відносним середньоквадратичним відхиленням вибіркового параметра від параметра генеральної сукупності[12].

$$\varepsilon_{\bar{x}} = \frac{\sigma_{\bar{x}}}{\bar{x}} 100\% = \frac{C_v \bar{x}}{\sqrt{n\bar{x}}} 100\% ; \quad (2.40)$$

$$\varepsilon_{C_v} = \frac{\sigma_{C_v}}{C_v} 100\% ; \quad (2.41)$$

$$\varepsilon_{C_s} = \frac{\sigma_{C_s}}{C_s} 100\% . \quad (2.42)$$

Відносні середньоквадратичні відхилення або відносні погрішності визначення параметрів вибірки використовується, як критерій якості розрахунків або, як критерій достатньої або недостатньої тривалості спостережень за стоком.

2.3 Статистичні характеристики даних мінімального стоку в басейні Південного Бугу

Для розрахунку статистичних характеристик теплового та холодного періоду, для басейна річки Південний Буг були використані вихідні матеріали по характеристиках мінімального стоку теплового та холодного періоду прийняті

дані по 17 гідрологічних постах, котрі мають часові ряди спостережень. Діапазон коливання площ досліджуваних водозборів змінюється від 145 км² (р. Кодима - с. Обжила) до 46200 км²(р. Південний Буг – смт Олександрівка) і періодом спостережень більше 20 років. Для кожного із періодів були розраховані статистичні параметри отримані методом моментів та методом найбільшої правдоподібності.

2.3.1 Теплий період

В табл.2.2 представлена оцінка статистичних параметрів мінімального стоку теплого періоду за методом моментів та методом найбільшої правдоподібності. Аналізуючи таблицю статистичних параметрів видно, що середній модуль стоку за теплий період змінюється від 0,13 л/(с·км²) р. Кодима – с. Катеринка до 2,10 л/(с·км²) р. Іква - с. Стара Синява. В методі моментів значення C_v змінюється в діапазоні від 0,43 (р. Іква – с. Стара Синява) до 1,42 (р. Кодима - с. Катеринка), щодо співвідношення C_s/C_v діапазон коливань від 0,6 (р. Кодима – с. Обжила) до 3,2 (р. Велика Вись – с. Ямпіль). Проаналізувавши метод найбільшої правдоподібності видно, що значення C_v змінюється в діапазоні 0,43-1,45 (р. Іква – с. Стара Синява, р. Кодима – с. Катеринка), а середнє значення співвідношення C_s/C_v для 17 розглянутих водозборів прийнято на рівні 2,5 [15].

В практиці інженерних розрахунків найбільший інтерес представляють мінімальні витрати води 75-95 %-ої забезпеченості. Використовуючи ординати трипараметричного гама-розподілу С.М. Крицького – М.Ф. Менкеля [13] та статистичні характеристики були визначені модулі стоку 75, 80, 90, 95 та 97 %-ої забезпеченості (дод. В.1).

Таблиця 2.2 –Оцінка статистичних параметрів мінімального стоку (30-ти добові витрати води)
теплого періоду за методом моментів та методом найбільшої правдоподібності (для басейну р. Південний Буг)

№ з/п	Річка-Пост	F, км ²	n, років	$(q_{30})_{\text{тп}}$, л/(с·км ²)	$\sigma_{\bar{q}_{30}}$	Метод моментів				Метод найбільшої правдоподібності		
						Cv	Cs	r(1)	Cs/Cv	Cv	Cs	Cs/Cv
1	Південний Буг - с. Лелітки	4000	70	1,61	6,57	0,55	0,61	0,65	1,1	0,55	0,63	1,1
2	Південний Буг - с. Сабаров	9010	56	1,35	8,95	0,67	0,85	0,73	1,3	0,67	0,89	1,3
3	Південний Буг - с. Підгір'я	24600	76	0,99	5,74	0,50	0,97	0,54	1,9	0,50	1,01	2
4	Південний Буг – смт Олександрівка	46200	101	0,70	4,88	0,49	0,97	0,46	2	0,49	1,00	2
5	Бужок – смт Меджибож	698	35	0,96	13,86	0,84	1,48	0,33	1,4	0,82	1,80	1,7
6	Іква - с. Стара Синява	439	70	2,10	5,14	0,43	1,07	0,39	2,5	0,43	1,13	2,6
7	Згар – смт Літин	692	83	0,72	11,20	1,01	1,36	0,54	1,3	1,02	1,46	1,4
8	Ров - с. Демидівка	1130	59	1,69	7,03	0,55	1,44	0,53	2,6	0,54	1,61	3
9	Савранка - с. Осички	1740	68	0,52	8,49	0,70	0,51	0,49	0,7	0,70	0,53	0,8
10	Кодима - с. Обжила	145	41	0,28	11,71	0,74	0,41	0,65	0,6	0,75	0,45	0,6
11	Кодима - с. Катеринка	2390	81	0,13	13,78	1,24	1,74	0,34	1,26	1,45	1,95	1,3
12	Синюха - с. Синюхин Брід	16700	90	0,46	5,90	0,56	0,79	0,35	1,4	0,56	0,80	1,4
13	Велика Вись - с. Ямпіль	2820	88	0,29	7,14	0,67	2,15	0,23	3,2	0,67	2,47	3,7
14	Ятрань - с. Покотилово	2140	54	0,70	7,35	0,54	0,76	0,53	1,4	0,54	0,80	1,5
15	Чорний Ташлик - с. Тарасівка	2230	79	0,33	8,55	0,76	0,97	0,64	1,3	0,76	1,01	1,3
16	Інгул - с. Седнівка	4770	60	0,44	6,45	0,50	0,69	0,54	1,4	0,50	0,71	1,4
17	Інгул - с. Новогорожено	6670	81	0,29	8,67	0,78	1,21	0,71	1,6	0,78	1,28	1,6
Середнє												2,4

З метою визначення перехідних коефіцієнтів $\lambda_{p\%}$ від 30-добових мінімальних модулів стоку щорічної імовірності перевищення 80 % до мінімальних модулів стоку іншої забезпеченості побудовані графіки зв'язків (рис. 2.3).

Для зручності перехідні коефіцієнти $\lambda_{p\%}$ зведені у табл. 2.3.

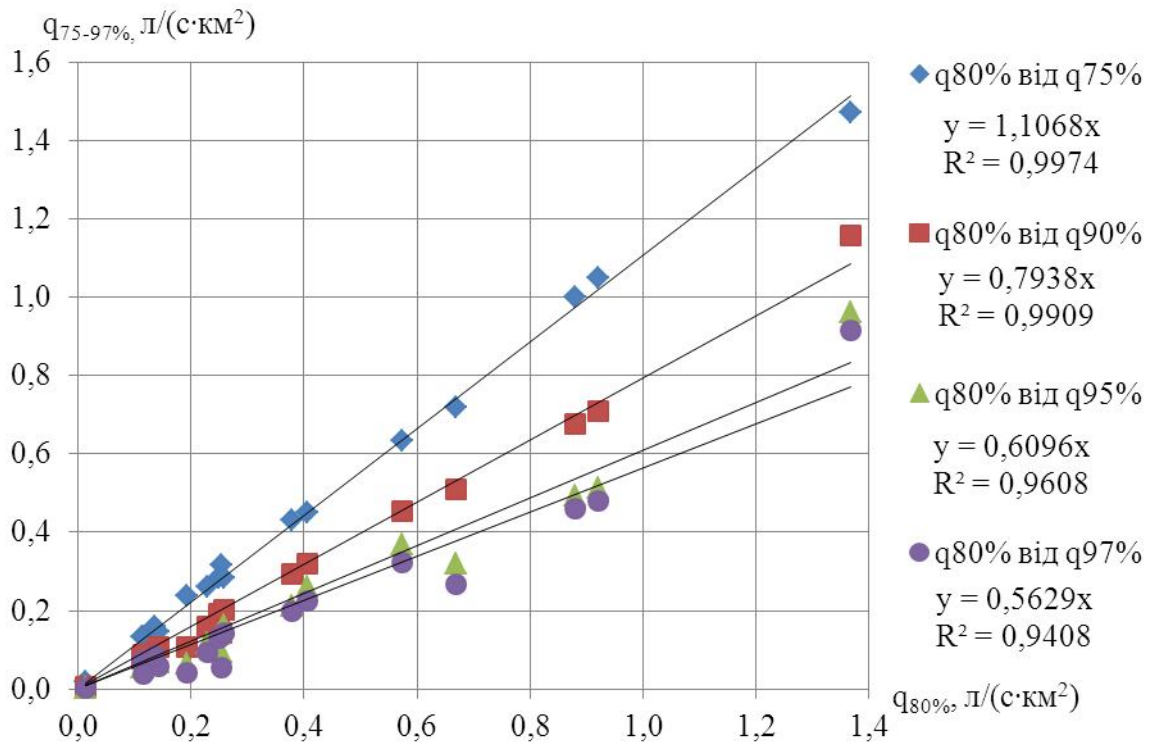


Рисунок 2.3– Залежність модулів стоку опорної 80 % забезпеченості від модулів стоку з забезпеченістю 75%, 80%, 90%, 95%, 97% для теплового періоду в басейні Південний Буг

Таблиця 2.3 – Перехідні коефіцієнти $\lambda_{p\%}$ для визначення мінімальних 30-добових модулів стоку теплового періоду різної імовірності перевищення в басейні р. Південний Буг

P%	75	80	90	95	97
$\lambda_{p\%}$	1,1	1	0,79	0,61	0,56

2.3.2 Зимовий період

В табл. 2.4 зведені статистичні параметри мінімального стоку для холодного періоду в басейні р. Південний Буг. За методом моментів видно що значення коефіцієнта варіації змінюється від 0,34 (р. Ятрань – с. Покотилово) до 1,03 (р. Згар – с. Літин) при співвідношенні C_s/C_v за методом моментів – від 1,0 (р. Велика Вись – с. Ямпіль) до 5,8 (р. Іква – с. Стара Синява). Аналізуючи метод найбільшої правдоподібності значення C_v змінюється в діапазоні від 0,34 (р. Ятрань – с. Покотилово) до 1,04 (р. Згар – с. Літин), а співвідношення коефіцієнта асиметрії до коефіцієнта варіації – від 1,0 (р. Чорний Ташлик – с. Тарасівка) до 8,2 (р. Іква – с. Стара Синява). Середнє значення для 17 водозборів в басейні р. Південний Буг прийнято на рівні 2,5 [15].

Що стосується середнього модуля стоку за зимовий період змінюється від 0,38 л/(с·км²) (р. Кодима – с. Катеринка) до 2,85 л/(с·км²) (р. Іква - с. Стара Синява), тобто трохи більші ніж за теплий період.

Як, і для теплого періоду, були побудовані графіки зв'язків (рис. 2.6) для визначення перехідних коефіцієнтів $\lambda_{p\%}$ від 30-добових мінімальних модулів стоку щорічної імовірності перевищення 80 % до мінімальних модулів стоку іншої забезпеченості побудовані та результати зведені у табл. 2.5.

Таблиця 2.4 – Оцінка статистичних параметрів мінімального стоку (30-ти добові витрати води) зимового періоду за методом моментів та методом найбільшої правдоподібності (для басейну р. Південний Буг)

№ з/п	Річка-Пост	F, км ²	n, років	$(q_{30})_{зп, 2}$ л/(с·км ²)	$\sigma_{\bar{q}_{30}}$	Метод моментів				Метод найбільшої правдоподібності		
						C _v	C _s	r(1)	C _s /C _v	C _v	C _s	C _s /C _v
1	Південний Буг – с. Лелітки	4000	70	1,97	6,1	0,5	1,27	0,47	2,5	0,5	1,37	2,8
2	Південний Буг - с. Сабаров	9010	56	1,51	8,4	0,63	1,04	0,40	1,7	0,63	1,12	1,8
3	Південний Буг - с. Підгір'я	24600	76	1,52	4,9	0,43	0,46	0,23	1,1	0,42	0,48	1,1
4	Південний Буг – смт Олександрівка	46200	101	1,23	5,0	0,5	1,2	2,39	2,2	0,5	1,13	2,3
5	Бужок–смт Меджибож	698	35	1,25	14,4	0,98	2,03	0,39	2,1	1	2,74	2,7
6	Іква - с. Стара Синява	439	70	2,85	8,7	0,71	4,12	0,11	5,8	0,73	6	8,2
7	Згар - смт Літин	692	83	0,91	11,5	1,03	2,17	0,09	2,1	1,04	2,53	2,4
8	Ров - с. Демидівка	1130	59	2,35	6,3	0,37	0,47	0,41	1,3	0,37	0,51	1,4
9	Савранка - с. Осички	1740	68	0,99	5,7	0,47	1,31	0,48	2,8	0,46	1,43	3,1
10	Кодима - с. Обжила	145	41	0,62	10,5	0,64	1,97	0,29	3,1	0,65	2,57	4,0
11	Кодима - с. Катеринка	2390	81	0,38	10,5	0,93	1,47	0,46	1,6	0,94	1,6	1,7
12	Синюха - с. Синюхин Брід	16700	90	0,85	5,3	0,49	1,15	0,32	2,4	0,49	1,21	2,5
13	Велика Вись - с. Ямпіль	2820	88	0,57	6,8	0,63	0,63	0,50	1	0,63	0,64	1,0
14	Ятрань - с. Покотилово	2140	54	1,31	4,7	0,34	1,57	0,59	4,6	0,34	1,81	5,3
15	Чорний Ташлик - с. Тарасівка	2230	79	0,63	7,3	0,64	0,62	0,65	1	0,64	0,61	1,0
16	Інгул - с. Середневка	4770	60	0,87	6,9	0,53	0,7	0,5	1,3	0,53	0,73	1,4
17	Інгул - м. Новогорожене	6670	81	0,44	8,9	0,79	1,37	0,59	1,7	0,8	1,47	1,8
Середнє значення												2,6

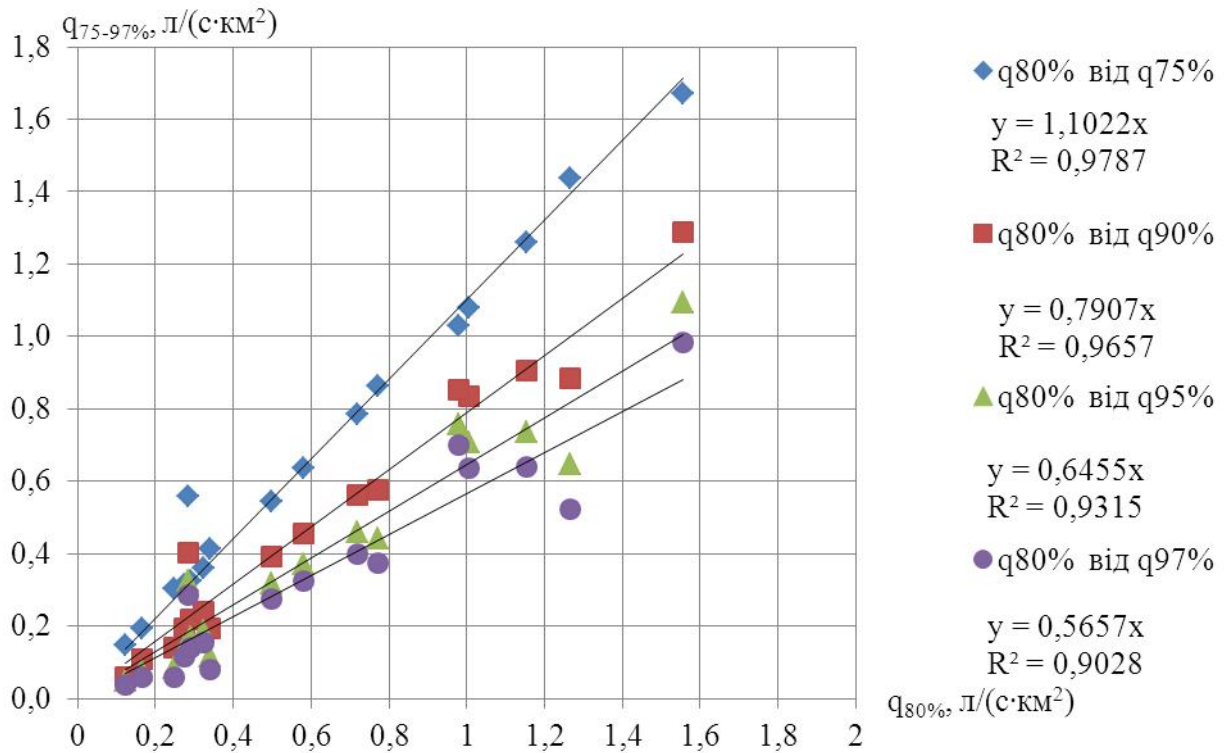


Рисунок 2.4– Залежність модулів стоку опорної 80 % забезпеченості від модулів стоку з забезпеченістю 75%, 80%, 90%, 95%, 97% для зимового періоду в басейні Південний Буг

Таблиця 2.5 – Перехідні коефіцієнти $\lambda_{p\%}$ для визначення мінімальних 30-добових модулів стоку зимового періоду різної імовірності перевищення в басейні р. Південний Буг

P%	75	80	90	95	97
$\lambda_{p\%}$	1,1	1	0,79	0,65	0,57

3 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ РОЗРАХУНКІВ МІНІМАЛЬНОГО СТОКУ РІЧОК

3.1 Розрахунок мінімального стоку за наявності даних спостережень.
Розрахунок мінімальних витрат заданої забезпеченості

Норма мінімального стоку (зимового або літнього) визначається, як середньобогаторічне значення з середньомісячних величин мінімального стоку [13]

$$\bar{Q}_{\min} = \frac{\sum_{i=1}^N Q_{\min i}}{N}, \quad (3.1)$$

де Q_{\min} – середньомісячні величини мінімального стоку; N – кількість років спостережень.

Внаслідок недостатньої тривалості фактичних рядів спостережень норма мінімального стоку, яка розрахована по формулі (3.1), відрізнятиметься від дійсного середнього значення при $N \rightarrow \infty$ на деяку величину σ_n .

Відповідно до вимог нормативного документу СНиП 2.01.14-83 [13] тривалість періоду спостережень вважається достатньою, якщо він репрезентативний, а відносна середня квадратична погрішність не повинна бути вище $\pm 15\%$.

Середня квадратична погрішність середнього $\sigma_{\bar{Q}}$ визначається за формулами :

а) при відсутності внутрішньорядного зв'язку

$$\sigma_{\bar{Q}} = \pm 100 C_v / \sqrt{n}, \% \quad (3.2)$$

де C_v – коефіцієнт варіації,

n - кількість років спостережень, прийнятих для визначення норми мінімального стоку.

б) при наявності внутрішньорядного зв'язку

$$\sigma_{\bar{Q}} = \pm 100 C_v \sqrt{(1 + r_1)/(1 - r_1)} / \sqrt{n} \% \quad (3.3)$$

де r_1 – коефіцієнт автокореляції, який дорівнює

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (Q_i - \bar{Q})(Q_{i+1} - \bar{Q})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2 \sum_{i=1}^{n-1} (Q_{i+1} - \bar{Q})^2}} \quad (3.4)$$

де Q_{i+1}, Q_i - відповідно, наступне і попереднє значення початкового ряду.

При тривалому періоді спостережень розрахунок здійснюється безпосередньо за даними спостережень, при цьому в розрахунках використовується репрезентативний період з цього ряду або весь ряд, коли його тривалість складає 50-60 років і більше.

При цьому дуже важливо врахувати маловодні роки або їх угруповання, використовуючи басейни-аналоги. Якщо коефіцієнт мінливості мінімального стоку непересихаючих і неперемерзаючих річок знаходиться в межах 0,2-0,4, що дозволяє використовувати для розрахунків ряди, які мають тривалість спостережень 8-15 років. Проте збільшення коефіцієнта мінливості до 0,7-1,0 обумовлює необхідність подовження ряду спостережень до 20-40 років.

Розрахунок мінімальних витрат заданої забезпеченості. Мінімальні витрати води розрахункової забезпеченості визначають, використовуючи три параметри (\bar{Q}, C_v, C_s) , які обчислюються методом моментів або найбільшої правдоподібності. Якщо у складі ряду мінімальних витрат є нульові значення в результаті пересихання або перемерзання річки, параметри кривої

забезпеченості встановлюються графоаналітичним методом Г.А. Алексєєва, з використанням згладжуваної (усередненою) емпіричної кривої забезпеченості.

При виконанні цього завдання коефіцієнти варіації і асиметрії рекомендується розраховувати за методом моментів

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^2}{n - 1}}, \quad (3.5)$$

де $K_i = Q_i / \bar{Q}$ - модульний коефіцієнт.

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^3}{C_v^3} \frac{n}{(n - 1)(n - 2)}. \quad (3.6)$$

Розрахункове значення мінімального стоку (для $P=80\%$) дорівнює:

$$Q_{80\%} = K_{80\%} \bar{Q}, \quad (3.7)$$

де:

1) для трипараметричного розподілу

$$K_{80\%} = f(C_v, C_s / C_v, P_{80\%}) \quad (3.8)$$

2) для біноміальної кривої розподілу

$$K_{80\%} = \Phi_{80\%} C_v + 1, \quad (3.9)$$

де $\Phi_{80\%}$ – нормоване відхилення від середнього значення ординат біноміальної кривої. У свою чергу, $\Phi_{80\%}$ є функцією коефіцієнта асиметрії і забезпеченості P :

$$\Phi_{80\%} = f(C_s P_{80\%}). \quad (3.10)$$

3.2 Розрахунок мінімального стоку при коротких рядах спостережень

При коротких рядах спостережень розрахункові значення місячного стоку $Q_{80\%}$ для великих і середніх річок потрібно визначати з використанням методу аналогії або шляхом інтерполяції (окремо для літньо-осіннього і зимового періодів). При виборі річки-аналога в першу чергу звертається увага на схожість умов гідрогеології в басейнах річок, для чого використовуються описи гідрогеології і карти досліджуваного району, а також карти районів для визначення мінімального стоку річок, які приведені в СНиП 2.10.14-83 [13]

Короткими вважаються всі ряди, які не задовольняють принцип репрезентативності і точності ($\pm 15\%$). Відповідно до СНиП 2.10.14-83, приведення статистичних параметрів розподілу до багаторічного періоду здійснюється за допомогою парної або множинної регресії за таких умов:

$$n \geq 10, r \geq 0.7 \text{ і } k/k\sigma^2$$

де n - число років загальних спостережень, r – коефіцієнт кореляції між величинами гідрологічних характеристик досліджуваної річки і річки-аналога, k – коефіцієнт регресії, $\sigma_{до}$ – середня квадратична погрішність коефіцієнта регресії.

Ідея цього методу приведення параметрів розподілу заснована на синхронності коливань стоку на сусідніх водозборах, що зумовлено однорідністю умов формування стоку. Нормативним документом

рекомендується виконувати приведення параметрів коротких рядів послідовно за декількома рівняннями регресії в порядку зменшення парного або множинного коефіцієнтів кореляції.

Коефіцієнт кореляції r , який є критерієм під час вибору аналога, визначається за формулою:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})(Q_{ai} - \bar{Q}_a)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2 \sum_{i=1}^n (Q_{ai} - \bar{Q}_a)^2}}. \quad (3.11)$$

Дані перевіряються співвідношенням k/σ_k . Коефіцієнт регресії

$$K = r \sigma_Q / \sigma_{Q_a}, \quad (3.12)$$

де σ_Q і σ_{Q_a} – середні квадратичні значення стоку дослідженої річки і аналога при довжині рядів n . Розраховуються вони за наступними формулами:

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}{n-1}}, \quad (3.13)$$

але

$$\sigma_{Q^a} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q^a_i - \bar{Q}^a)^2}{n-1}}. \quad (3.14)$$

Похибка коефіцієнта регресії

$$\sigma_k = \frac{\sigma_Q}{\sigma_{Qa}} \frac{1-r^2}{\sqrt{n-1}}. \quad (3.15)$$

З урахуванням (3.13), (3.14) і (3.15) запишемо рівняння лінійної регресії

$$\bar{Q}_N = \bar{Q}_n + k\sigma_Q(\bar{Q}_N^a - \bar{Q}_n^a) / \sigma_{Qa}, \quad (3.16)$$

де \bar{Q}_N і \bar{Q}_N^a - багаторічні середні значення (норми) мінімального стоку досліджуваного водозбору і аналога.

Коефіцієнт варіації приведенного ряду дорівнює:

$$C_v = \frac{\sigma_Q}{\bar{Q}_N} \sqrt{1+r^2 \left(1 - \frac{\sigma_{Qn}^a}{\sigma_{QN}^a} \right)}, \quad (3.17)$$

де σ_{QN}^a - середньоквадратичне відхилення ряду-аналога за багаторічний період N років.

$$\sigma_{QN}^a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i^a - \bar{Q}^a)^2}{N-1}}. \quad (3.18)$$

Погрішність приведенного значення норми мінімального стоку за рівнянням регресії (3.16), відповідно до СНиП 2.01.14-83 [13], дорівнює:

$$\sigma_{\bar{Q}_N} = \frac{100\sigma_Q}{\bar{Q}_N \cdot \sqrt{n}} \sqrt{1+r^2 \left(\frac{n}{N} \frac{\sigma_{QN}^a}{\sigma_{Qn}^a} - 1 \right)}. \quad (3.19)$$

Графічний метод. Норма мінімального стоку визначається за графіком зв'язку мінімальних витрат за спільний період спостережень у басейні, який вивчається, і в басейні-аналогу з багаторічними даними про стік. За допомогою побудови графіка зв'язку мінімальних середньомісячних витрат за спільний період спостережень за значенням норми мінімального стоку річки-аналога знімається норма мінімального стоку для досліджуваної річки.

Коефіцієнт варіації, відповідно до [12], дорівнює :

$$C_v = A \frac{\overline{Q}_N^a}{\overline{Q}_N} C_v^a, \quad (3.20)$$

де A - тангенс кута нахилу лінії зв'язку мінімальних середньомісячних витрат за загальний період спостережень

Погрішність норми мінімального зимового стоку приведенного ряду, розраховується таким чином:

$$\sigma_{\overline{Q}_N} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}, \quad (3.21)$$

де

$$\sigma_1 = \sigma_{\overline{Q}_N^a} \quad (3.22)$$

$$\sigma_2 = \frac{C_v \sqrt{1-r^2}}{\sqrt{n}} \cdot 100\% \quad (3.23)$$

Графоаналітичний метод Г.О. Алексєєва. Для річки-аналога будується згладжувана емпірична крива забезпеченості мінімальних витрат води. З неї знімають величини стоку в характерних крапках із забезпеченістю 5, 50 і 95 відсотків (%). За допомогою графіка зв'язку середньорічних мінімальних витрат за загальний період спостережень за даними річки-аналога знімаємо витрати 5, 50 і 95 % забезпеченості для досліджуваної річки. Розраховується коефіцієнт скошеності за формулою

$$S = \frac{Q_5 + Q_{95} - 2Q_{50}}{Q_5 - Q_{95}}. \quad (3.24)$$

За спеціальною таблицею відповідно S встановлюють коефіцієнт C_s і нормовані ординати $\Phi_5, \Phi_{50}, \Phi_{95}$.

Середньоквадратичне відхилення σ_Q розраховується за формулою

$$\sigma_Q = \frac{Q_5 - Q_{95}}{\Phi_5 - \Phi_{95}}. \quad (3.25)$$

Середнє багаторічне значення (норма) мінімального стоку обчислюється за рівнянням

$$\bar{Q} = Q_{50} - \sigma_Q \Phi_{50}. \quad (3.26)$$

Коефіцієнт варіації розраховується за виразом:

$$C_v = \frac{\sigma_Q}{\bar{Q}}. \quad (3.27)$$

Метод коефіцієнтів. Для розрахунку по цьому методу спочатку визначається коефіцієнт кореляції між значеннями короткого ряду і ряду аналога за період сумісних спостережень, по формулі (3.11). Якщо значення $r = 0,7$, то досліджується синхронність коливань стоку на двох постах. Для цього будується хронологічний графік коливань мінімального стоку. Якщо коливання синхронні, то можна записати

$$\frac{\bar{Q}_N^a}{\bar{Q}_n^a} = \frac{\bar{Q}_N}{\bar{Q}_n}, \quad (3.28)$$

де \bar{Q}^a_N і \bar{Q}_N - середнє багаторічне значення мінімального стоку (норма) річки-аналога і короткого ряду, відповідно, а \bar{Q}^a_n і \bar{Q}_n - середнє значення мінімального стоку річки-аналога і 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 мінімального стоку за виразом:

$$\bar{Q}_N = K_N \bar{Q}_n. \quad (3.29)$$

3.3 Розрахунок мінімального стоку за відсутності даних спостережень

За відсутності систематичних вимірювань стоку і відповідно часових рядів норма мінімального стоку визначається непрямими методами. Найпоширеніші - карти норми мінімального стоку (модуля або шару). Будуються карти за даними вивчених річок з вимогами точності обчислення норми стоку. Враховуючи істотний вплив на річковий стік місцевих і антропогенних чинників, при складанні карт використовуються тільки ті матеріали, які відносяться до середніх площ водозборів.

Відхилення на окремих водозборах розрахункових значень мінімального стоку від зональних пов'язані, головним чином, з неповнотою дронування ґрунтових вод (малі річки), гідрогеологічними особливостями території, зарегульованністю стоку великими водоймищами (озера, водосховища) проточного типу. Тому географічна зональність в розподілі мінімального стоку характерна лише для водозборів певних розмірів у кожній природній зоні.

Для побудови карти мінімального стоку у СНиП 2.01.14-83 [13] використані значення витрат фіксованої забезпеченості – мінімальні 30-

добові витрати 80 %-ої забезпеченості. Якщо водозбір перетинає декілька ізоліній, то значення мінімального стоку визначаються як середні зважені за площею

$$\bar{q}_{80\%N} = \frac{\bar{q}_{80\%1}f_1 + \bar{q}_{80\%2}f_2 + \dots + \bar{q}_{80\%n}f_n}{f_1 + f_2 + \dots + f_n}, \quad (3.30)$$

де - середні значення модулів мінімального стоку між сусідніми ізолініями; f_1, f_2, \dots, f_n - площі між відповідними ізолініями стоку, які визначаються планіметруванням або за допомогою палетки.

Точність визначення мінімального стоку по картах ізоліній змінюється в середньому від $\pm 10\%$ в зволжених районах до 20% - в районах недостатнього зволоження і гірських областях.

Карту ізоліній не можливо використовувати для визначення мінімального стоку річок, в межах водозборів яких знаходяться озера, регулюючі значну частину стоку, а також річок, в басейнах яких є ділянки вираженого карсту. Перехідні коефіцієнти від 30-добових (середньомісячних) мінімальних витрат води щорічної вірогідності перевищення 80% до мінімальних витрат іншої вірогідності перевищення визначають за даними річок-аналогів.

Тоді

$$Q_p = \lambda_p Q_{80\%}, \quad (3.31)$$

де λ_p – перехідний коефіцієнт.

При відсутності спостережень за стоком коефіцієнт варіації (C_v) може бути розрахований по інтерполяції між значеннями, отриманими для річок аналогів.

4 РОЗРОБКА МЕТОДІВ НОРМУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МІНІМАЛЬНОГО СТОКУ ЗА ТЕПЛИЙ І ХОЛОДНИЙ ПЕРІОДИ В БАСЕЙНІ Р. ПІВДЕННИЙ БУГ

4.1 При тривалих рядах спостережень

Поняття норми є статистичним і має на увазі середнє арифметичне значення стоку за багаторічний період такої тривалості, при збільшенні якої середнє значення істотно не міняється. Об'єктивним критерієм стійкості річних середніх є квадратична погрішність, яка може бути оцінена за допомогою методу моментів. Допустима погрішність обчислення норми мінімального стоку, враховуючи точність початкової інформації, знаходиться в межах 15%.

Проте при встановленні норм мінімального стоку слід мати на увазі, що в тимчасових рядах виявляються закономірності у вигляді чергування угруповань багатоводних і маловодних років різної тривалості. Врахувати дану обставину можна шляхом включення в розрахункову тривалість рядів мінімального стоку однакової кількості багатоводних і маловодних груп водності.

Коливальні тенденції в гідрологічних рядах виражені у край слабо і відбуваються на тлі різких флуктуацій. Отже важко буває виділити не тільки тривалість окремих угруповань, але і їх амплітуду. З'являється необхідність усунути «шум», пов'язаний з випадковістю коливань стоку за суміжні роки, зберігши лише інформацію про багаторічну мінливість. Для цієї мети застосовується згладжування емпіричних даних, тобто заміна початкових величин іншими близьких до них.

4.2 При коротких рядах спостережень

Короткими прийнято рахувати ряди тривалість яких не забезпечує отримання результату з необхідною точністю ($\sigma > 15\%$). Згідно СНиП 2.10.14-83 [13], приведення статистичних параметрів розподілу до багаторічного періоду рекомендується здійснювати за допомогою парної або множинної регресії.

Ідея методу приведення параметрів розподілу заснована на синхронності коливань річного стоку на найближчих водозборах, що обумовлене однорідністю ландшафтних умов формувань стоку.

У цих випадках величина середнього мінімального стоку, отримана по наявному короткому ряду, приводиться до розрахункового багаторічного періоду. Розрахунковий період вибирається по річках-аналогах, які мають тривалий ряд спостережень, що забезпечує необхідну точність, і коливання річного стоку, відповідні коливанням його в розрахунковому створі.

При виборі річки-аналога необхідно дотримуватися наступних вимог:

- дана річка і річка-аналог знаходяться в безпосередній географічній близькості;
- схожість кліматичних умов для водозборів;
- однорідні умови формування стоку;
- синхронність коливань річного стоку на досліджуваних водозборах;
- площі водозборів не повинні відрізнятись більш, ніж в 10 разів, а їх середні висоти (для гірських річок) - більш, ніж на 300 м;
- період сумісних спостережень за стоком на досліджуваних річках повинен бути не менше 10 років.

Об'єктивним критерієм правильності вибору річки-аналога досить тісний зв'язок між характеристиками стоку за період сумісних спостережень, який характеризується коефіцієнтом кореляції r (за умови $r \geq 0,7$).

Ідея методу приведення параметрів до багаторічного періоду базується на існуванні синхронності коливань стоку на близьких водозборах, що обумовлене однорідністю умов формування стоку.

У п.2.2.1 були досліджена циклічність у коливаннях рядів 30-ти добових мінімальних витрат води за теплий і зимовий періоди. Побудовані різницево-інтегральні криві (рис.2.1-2.2) дозволили виділити повні цикли водності як для теплого, так і для холодного періодів. Таким чином, для розрахунку норми мінімального стоку, що розглядається можна використовувати весь наявний період спостережень.

4.3 За відсутності даних спостережень

За відсутності систематичних вимірювань стоку і відповідно тимчасових рядів норма мінімального стоку визначається непрямими методами. У основі яких закладені глибокі дослідження чинників формування річного мінімального стоку, територіальні узагальнення і географічна інтерполяція q_{30} , л/(с·км²) його характеристик. Найбільш поширеною є побудова карти норми мінімального стоку (модуля або шару), оскільки стік є широтною характеристикою і характеризує стік зі всієї території, на карту наносить значення віднесена до центрів тяжкості водозборів.

Карти будуються за даними вивчених річок з вимогою точності розрахунку норми мінімального стоку. Необхідно враховувати істотний вплив на річковий стік кліматичних, підстилаючої поверхні, а також антропогенних чинників.

Кліматичні чинники, які визначаються географічним положенням басейну і є характеристиками водообміну басейну атмосферою: опади і випаровування, сонячна радіація визначає температуру повітря підкоряються географічній зональності.

Кліматичні умови, як відомо, роблять найбільш дієвий вплив на формування підземних вод і відповідно на формування меженного стоку і його режим.

Чинники підстилаючої поверхні: карст, озерність, лісистість, заболоченість.

Опади, що випали на водозбір, частково втрачаються на випаровування, а та їх частина, яка формує річковий стік, значно трансформується в часі і по території, що визначається чинниками підстилаючої поверхні. Найбільша трансформація опадів в часі відбувається зазвичай в результаті впливу чинників, що акумулюють яку-небудь частину рідких (або що розтанули) опадів. До цих чинників відносяться озера, болота, льодовики.

Озера перерозподіляють стік в часі, акумулюючи осідання, що випали на їх поверхню, і частину стоку з водозбору, а також збільшують втрати на випаровування. Тому стосовно мінімального стоку вплив озер позначатиметься у разі здатності їх до багаторічного регулювання стоку, а також при втратах на випаровування з дзеркала озера, зіставних з об'ємом води, що акумулюється озером, в зливній призмі. В результаті регулювання стоку по роках середньорічний стік зменшуватиметься в багатоводні роки і збільшуватиметься в маловодних в порівнянні з навколишніми не озерними річками.

У зонах надмірного і достатнього зволоження випаровування з суші і води розрізняється всього в 1,5-2,0 разу, в зоні недостатнього зволоження — в 4-7 разів. У степовій зоні зменшення річного стоку унаслідок збільшення випаровування з поверхні озер може досягати 100 % зонального стоку. Отже, річка нижче за озеро може пересохнути на тривалий період, оскільки само озеро може перетворитися на безстічне.

У зонах змінного і недостатнього зволоження роль озер зростає, і вони можуть значно зменшувати мінімальний стік в порівнянні з безозерними річками цього ж району. Особливо сильне зниження стоку відбувається в маловодні роки унаслідок зменшення опадів і різкого збільшення

випаровування, що веде до зростання коливань стоку в часі, тобто до збільшення коефіцієнта варіації річного стоку.

Визначальним чинником при оцінці впливу боліт на мінімальний стік ϵ , як і у попередньому випадку, співвідношення випаровування з суші і з водної поверхні. У зоні надмірного зволоження спостерігається конденсація води на поверхні болотяних масивів в результаті особливого мікроклімату над ними, тому в цій зоні можливе деяке збільшення (іноді значне - до 30 %) річного стоку за рахунок конденсації вологи. У зоні достатнього (помірного) зволоження річний стік із заболочених водозборів приблизно рівний зональному стоку. У зоні недостатнього зволоження спостерігається деяке зниження річного стоку із заболочених водозборів за рахунок збільшення втрат на випаровування.

Вплив лісу на мінімальний стік річок треба розглядати в двох аспектах: вплив на сумарний стік даного року і на середньо багаторічний стік (норму). У першому випадку варіації цього впливу будуть найбільшими. У другому - вплив може бути неістотним або практично бути відсутнім, особливо для великих і середніх річок.

Площа басейну річки відображає залежність її водності від глибини ерозійного врізу русла. Чим більше остання, тим інтенсивніше живлення річки підземними водами, і чим швидше річка починає дренивати основні водоносні горизонти, тим менше площа басейну, при якій перестає змінюватися питоме живлення річки (модуль стоку).

У пустелях і напівпустинних зонах, а в деяких південних районах і в степовій зоні ґрунтові води залягають дуже глибоко і, як правило, не дрениються руслами навіть порівняно великих водозборів. У цих районах річки мають знижений стік в порівнянні з малими водотоками унаслідок збільшення втрат на випаровування з водозборів і плес, дренивання води з русел на периферію і живлення нею ґрунтових вод, а також за рахунок того, що стік річок затримується в роз'єднаних плесах і в численних ставках-

водосховищах, що створюються в річкових системах для господарського використання [2, 10].

Геологічна будова басейну впливає на взаємозв'язок поверхневих і підземних вод. Основна роль при цьому належить літологічному складу порід, що складають річковий басейн, потужності порід, що утримують воду, їх трещіноватості або кавернозності. Дана територія характеризується невеликою кількістю опадів, нерівномірним їх випаданням і несприятливими умовами живлення ґрунтових вод. Основні породи, у напрямку до півдня йдуть на значну глибину, де ерозійні системи їх вже не розкривають. Гідрогеологічні умови є одним з основних чинників формування мінімального стоку, тому режим мінімального стоку тісно пов'язаний з режимом підземних вод.

На формування меженного стоку впливає господарська діяльність людини, основними видами господарської діяльності, які можуть робити вплив на мінімальний стік, є: споруда водосховищ і ставків, розвиток зрошування, перерозподіл (перекидання) стоку, споживання води для промислово-комунальних і сільськогосподарських потреб [2].

4.3.1 Узагальнення модулів мінімального стоку в басейні р. Південний Буг за теплий період

Пристаюючи до узагальнення спершу виконана перевірка залежності модулів мінімального стоку 80% від широти центрів тяжіння водозборів. Як видно з рис. 4.1, що залежність модулів мінімального стоку при 80% загалом підкоряється широтній закономірності, причому із збільшенням широтного положення водозборів $q_{80\%}$ збільшується ($r=0,71$). Отримана залежність дозволяє привести всі дані до однієї широти 49^0 півн.ш. для всіх водозборів за рівнянням вигляду:

$$q_{80\%} = 0,47 \cdot (\varphi - 49)^0 + (q_{80\%})_{\varphi=49}^0. \quad (4.1)$$

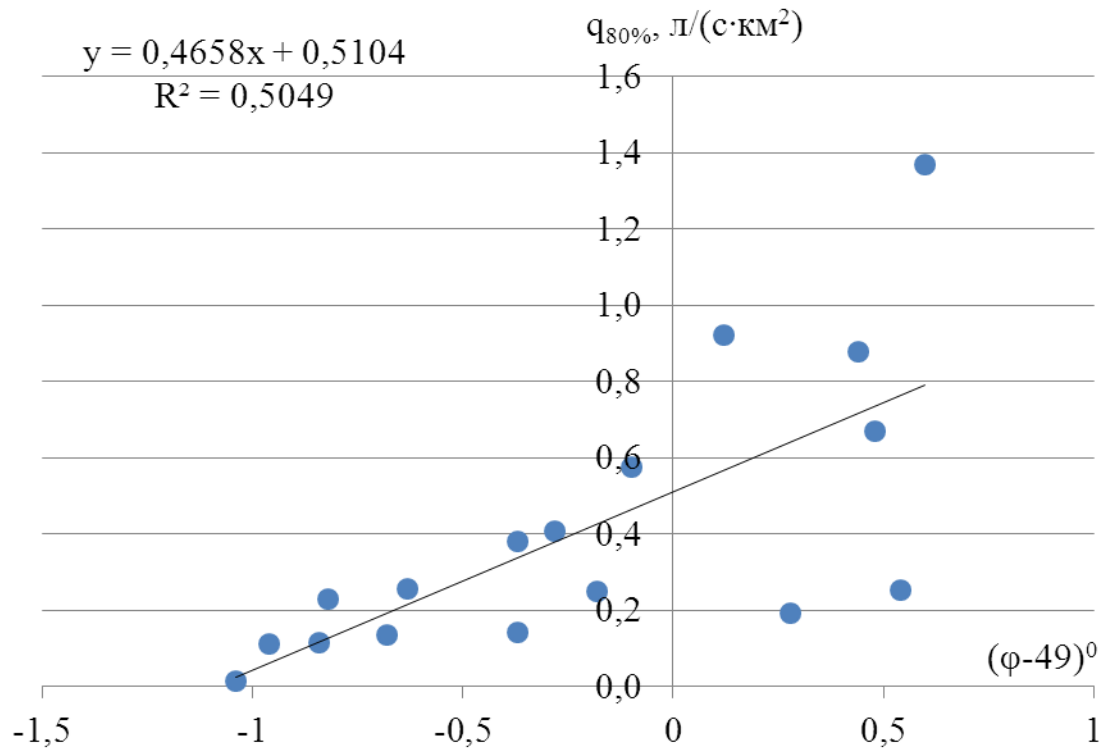


Рисунок 4.1–Залежність модулів мінімального стоку 80 % забезпеченості теплого періоду від широти центрів водозборів в басейні р. Південний Буг

Наступним етапом було досліджено можливий вплив місцевих факторів (залісеності, заболоченості) на величини $q_{80\%}$. З цією метою побудовані залежності модулів стоку 80 %-ої забезпеченості від залісеності (рис. 4.2) і заболоченості (рис. 4.3) водозборів для річок басейну Південний Буг [16-17].

Отримана залежність на рис. 4.2 дозволяє встановити коефіцієнт впливу залісеності водозборів на величину модулів стоку теплого періоду 80 %-ої забезпеченості, який визначається за рівнянням вигляду:

$$k_{л} = 1 + 0,047 \cdot f_{л}, \quad (r = 0,37). \quad (4.3)$$

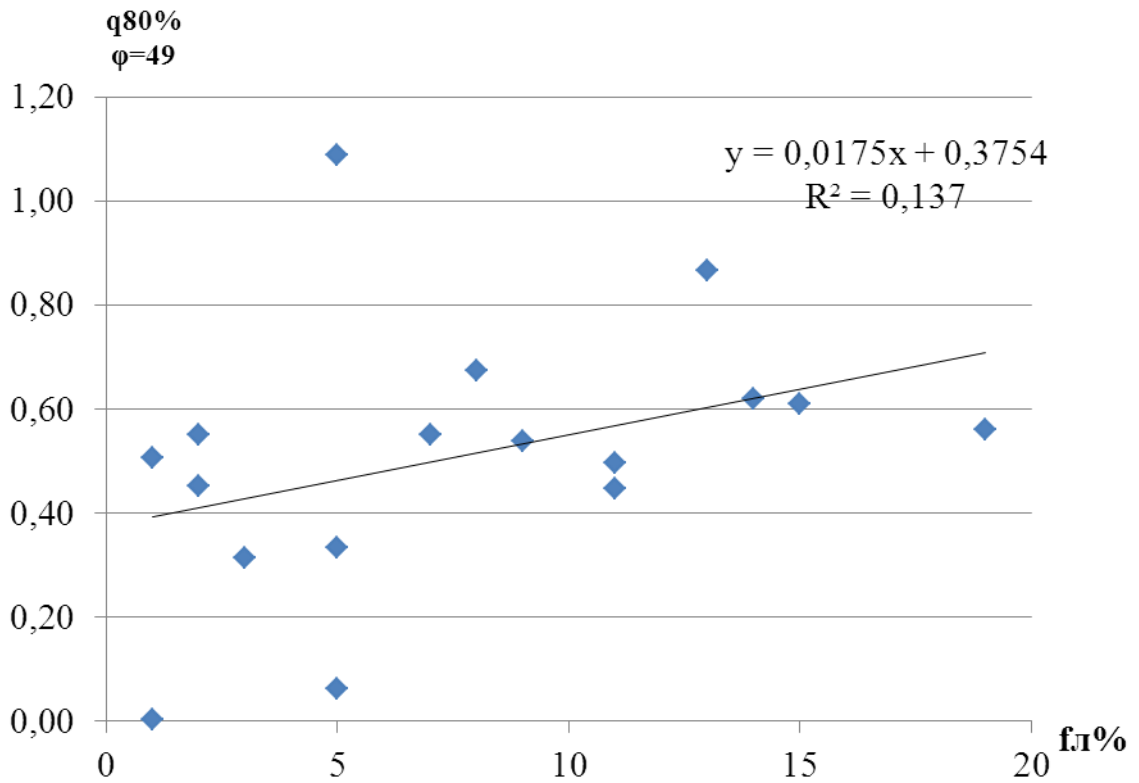


Рисунок 4.2–Залежність приведених до однієї широти модулів 80% забезпеченості теплого періоду від залісеності водозборів р. Південний Буг

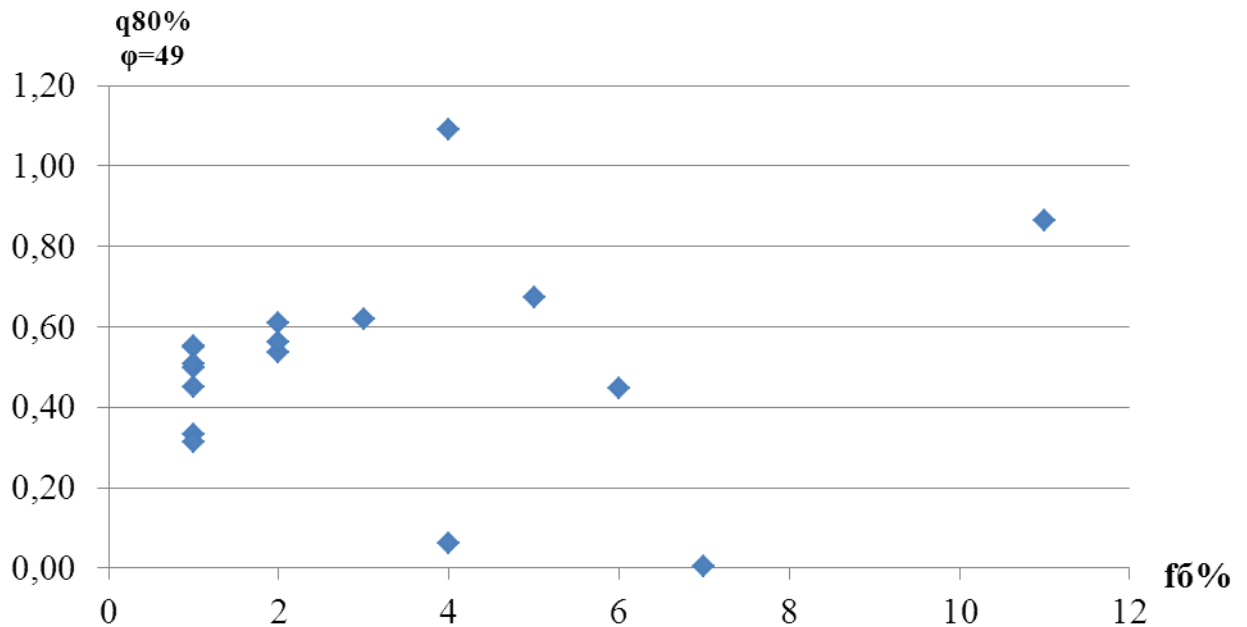


Рисунок 4.3– Графік зв'язку приведених до однієї широти модулів 80% забезпеченості теплого періоду від заболоченості водозборів р. Південний

Буг

Після виключення впливу залісеності водозборів було повторно побудована залежність приведених модулів мінімального стоку від заболоченості (рис. 4.4). Значимого впливу не виявлено.

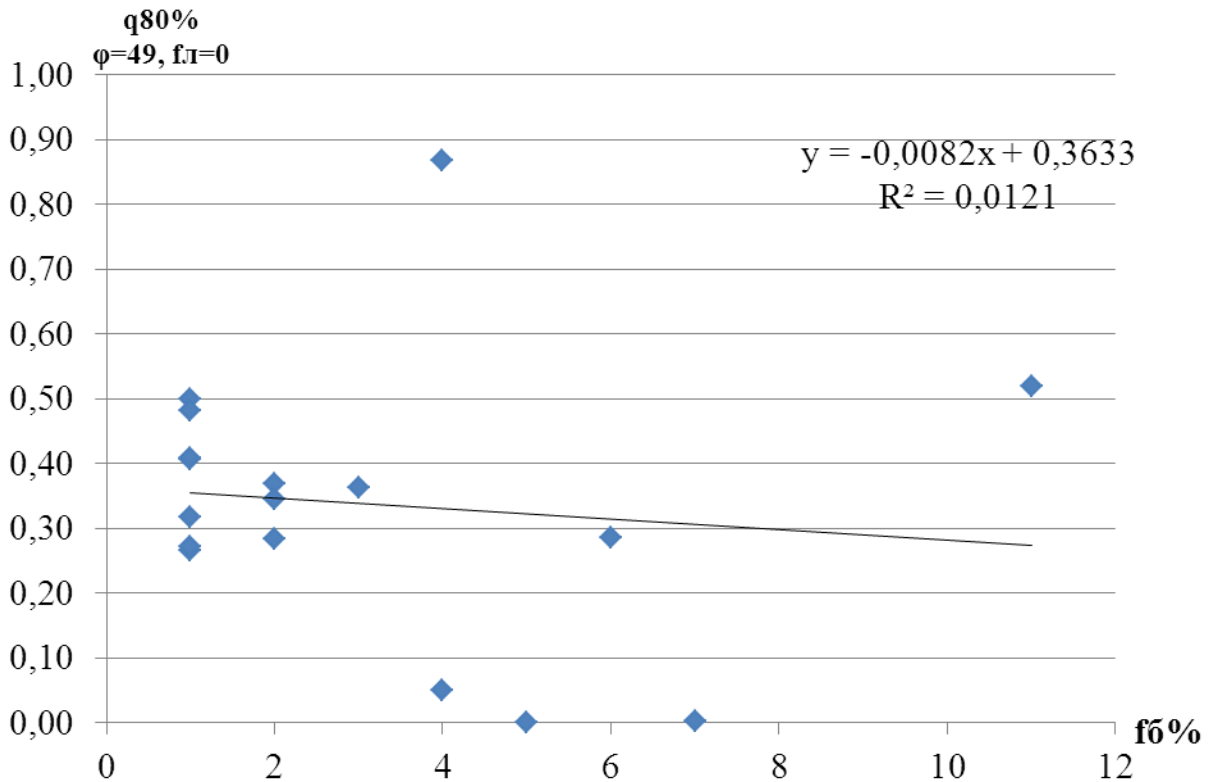


Рисунок 4.4– Графік зв'язку приведених модулів 80% забезпеченості до широти 49⁰ півн.ш. та за залісеності 0 % від заболоченості водозборів р. Південий Буг за теплий період

Перш ніж прийняти рішення щодо можливості картування приведених модулів мінімального стоку в басейні р. Південий Буг, була побудована залежність $(q_{80\%})_{np}$ від широтного положення водозборів (рис. 4.5). Зв'язок став трохи тіснішим ($r = 0,72$). Усі розрахунки зведені у дод. Д (табл. Д.1).

Узагальнення модулів мінімального стоку за теплий період було здійснено методом картування величин $q_{80\%}$, отриманих в результаті статистичної обробки часових рядів (рис. 4.6) [16-17].

Ізолінії проведені через 0,2 л/(с·км²). Похибка карти складає ± 6,2 %.

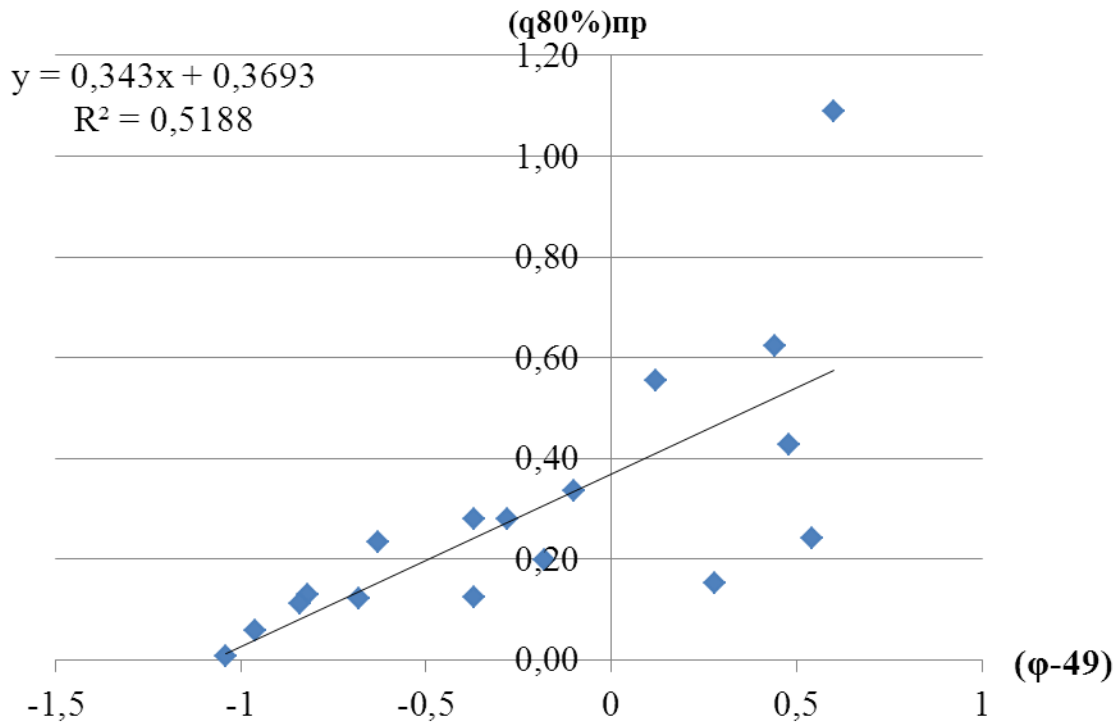


Рисунок 4.5-Залежність приведених модулів мінімального стоку 80% забезпеченості за теплий період від широти центрів водозборів водозборів р. Південний Буг

4.3.2 Узагальнення модулів мінімального стоку в басейні р. Південний Буг за холодний період

За аналогічною схемою виконано дослідження місцевих факторів на величини модулів мінімального стоку за холодний період в басейні р. Південний Буг.

Залежність $q_{80\%}$ від широтного положення водозборів представлено на рис. 4.7 ($r = 0,57$), від залісеності – рис. 4.8 та заболоченості водозборів – рис. 4.9.

$$q_{80\%} = 0,44 \cdot (\varphi - 49)^0 + (q_{80\%})_{\varphi=49^0} \cdot \quad (4.3)$$

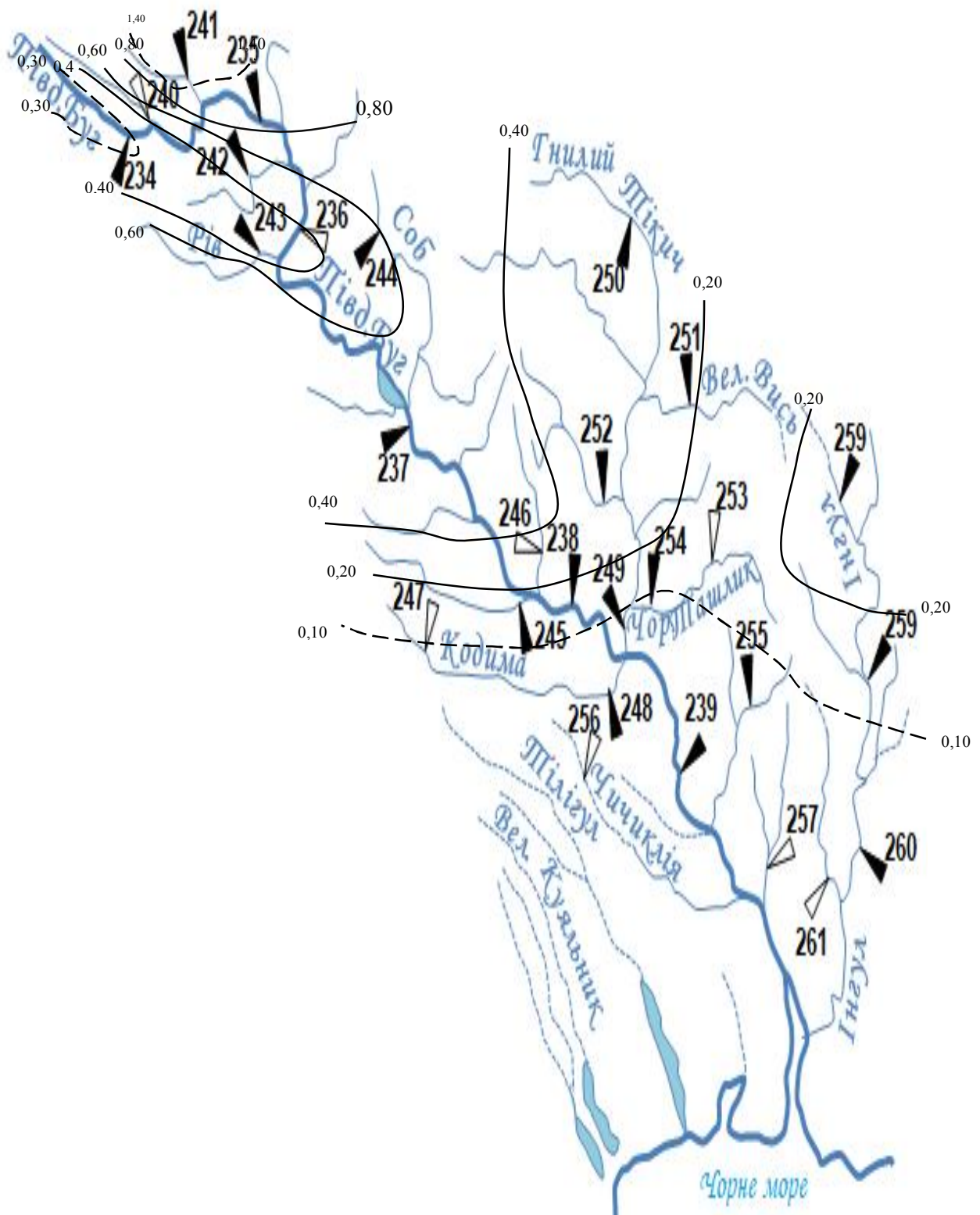


Рисунок 4.6 – Карта ізолій модулів мінімального стоку 80 % забезпеченості за теплий період для річок басейну Південний Буг, $л/(с \cdot км^2)$

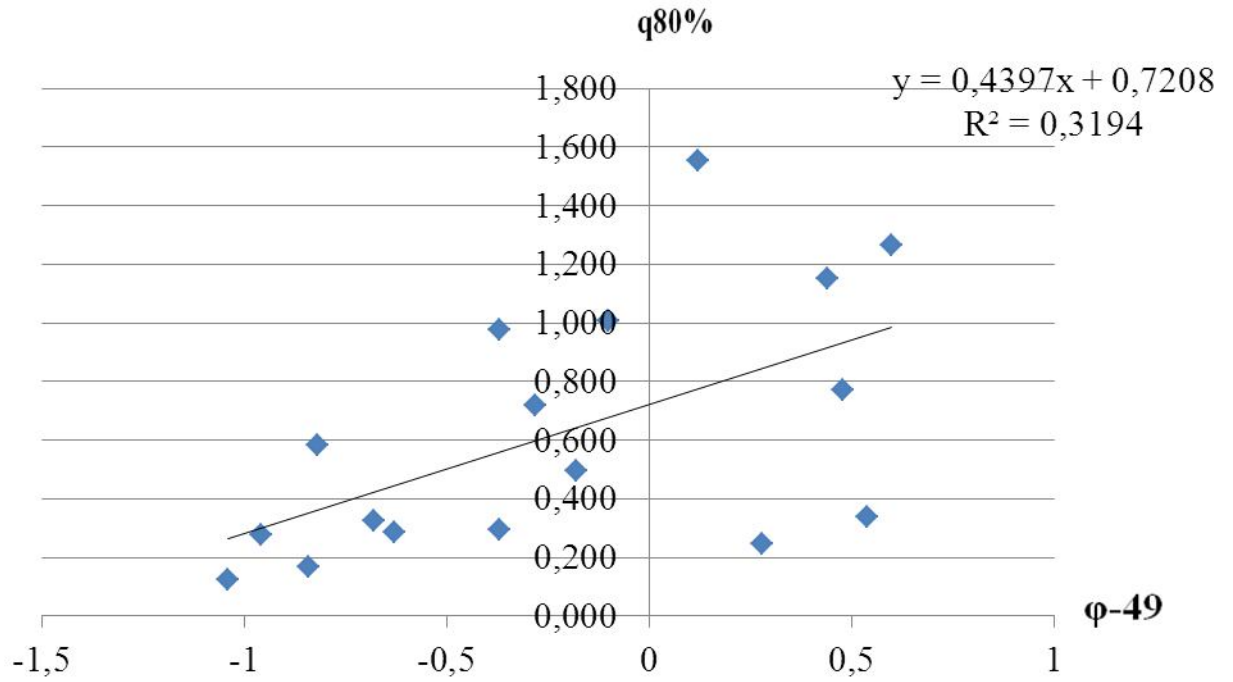


Рисунок 4.7—Залежність модулів мінімального стоку 80% забезпеченості за холодний період від широти центрів водозборів водозборів

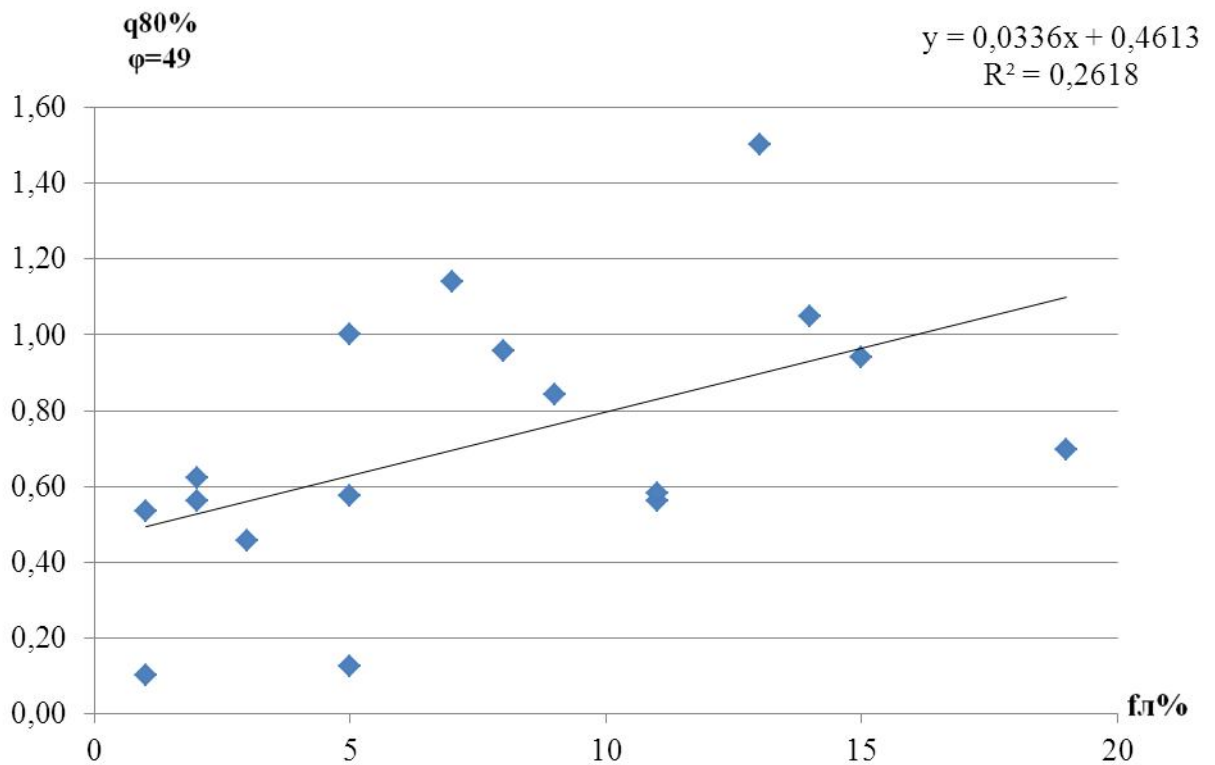


Рисунок 4.8—Залежність приведених модулів 80% забезпеченості за холодний період від залісеності водозборів

Отримана залежність на рис. 4.7 дозволяє встановити коефіцієнт впливу залісеності водозборів на величину модулів стоку холодного періоду 80 %-ої забезпеченості, який визначається за рівнянням вигляду:

$$k_{\text{л}} = 1 + 0,073 \cdot f_{\text{л}}. \quad (4.3)$$

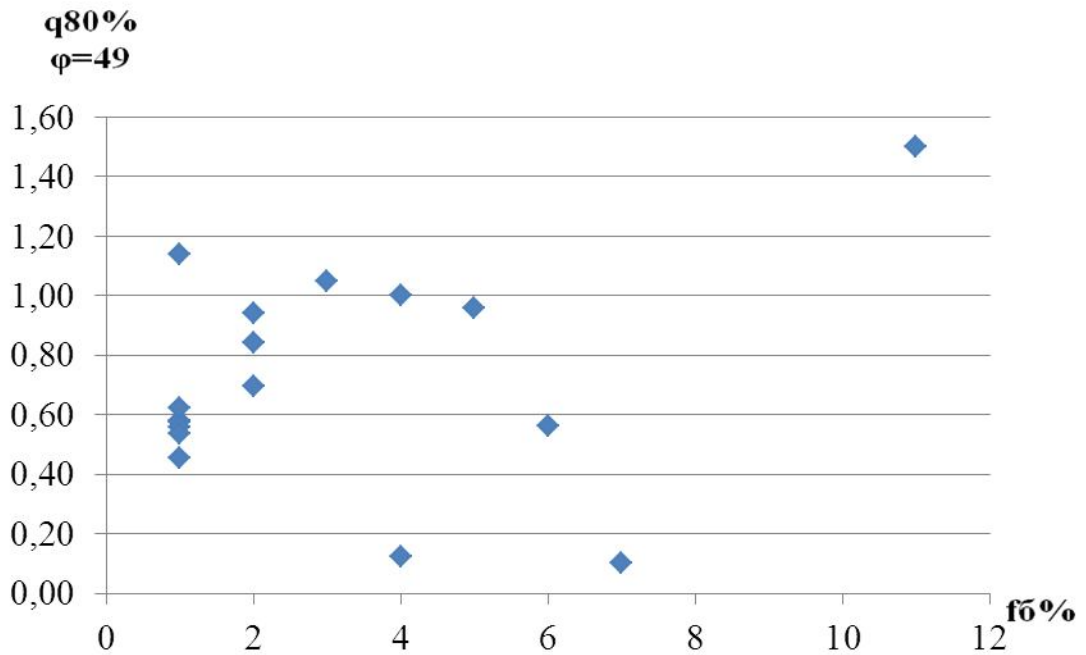


Рисунок 4.9–Залежність приведених модулів 80% забезпеченості за холодний період від заболоченості водозборів

Після виключення впливу залісеності водозборів було повторно побудована залежність приведених модулів мінімального стоку від заболоченості (рис. 4.10). Значимого впливу не виявлено [16-17].

Перш ніж прийняти рішення щодо можливості картування приведених модулів мінімального стоку в басейні р. Південий Буг, була побудована залежність $(q_{80\%})_{np}$ від широтного положення водозборів (рис. 4.11). Зв'язок став трохи тіснішим ($r = 0,57$). Усі розрахунки зведені у дод. Д (табл. Д.2).

Узагальнення модулів мінімального стоку за холодний період було здійснено методом картування величин $q_{80\%}$, отриманих в результаті статистичної обробки часових рядів (рис. 4.12).

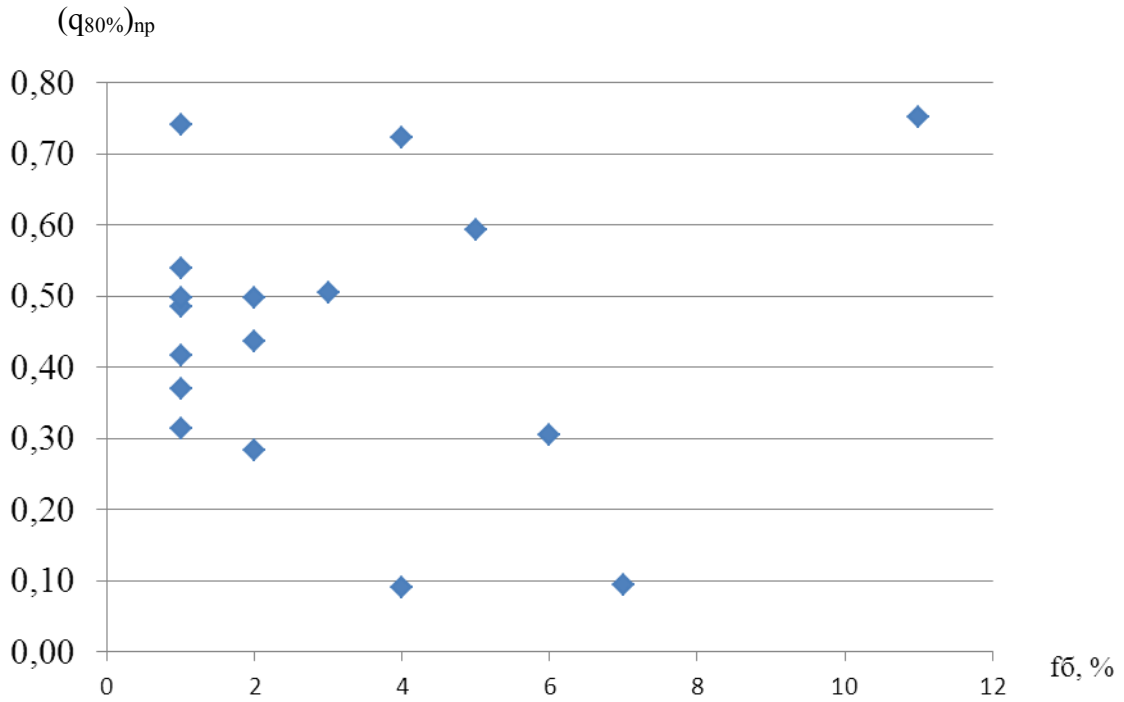


Рисунок 4.10– Графік зв'язку приведених модулів 80% забезпеченості за холодний період до широти 49⁰ півн.ш. та за залісеності 0 % від заболоченості водозборів р. Південний Буг

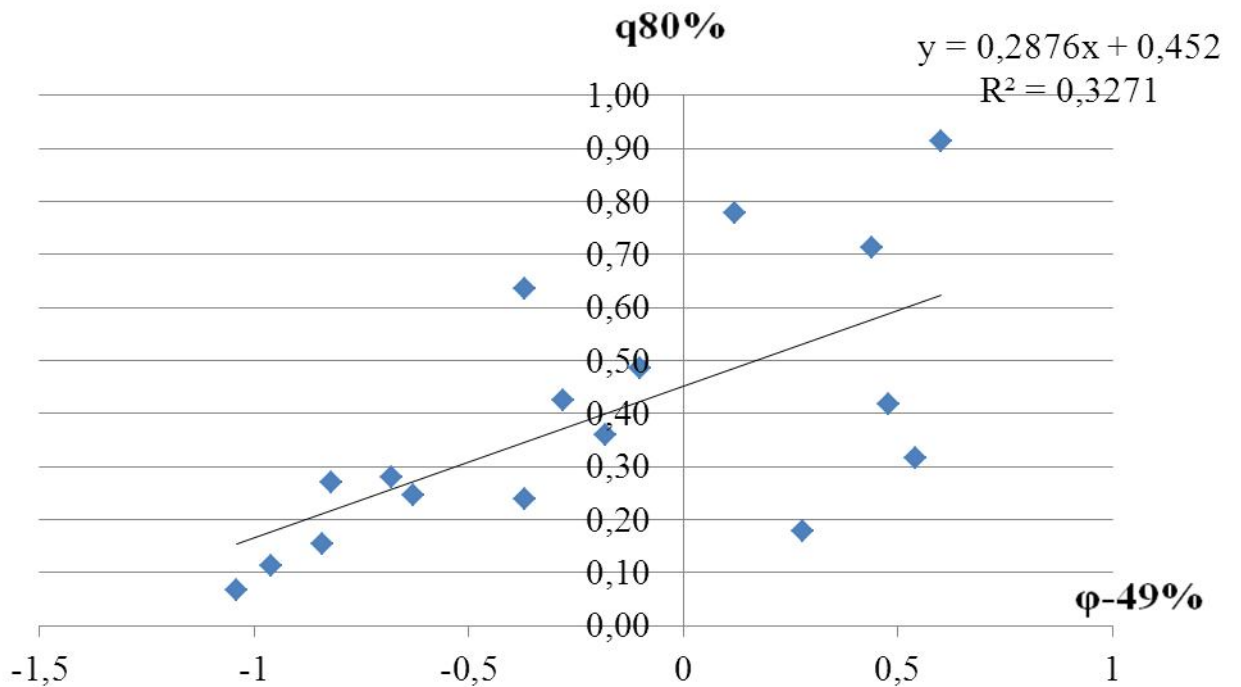


Рисунок 4.11-Залежність приведених модулів мінімального стоку 80% забезпеченості за холодний період від широти центрів водозборів водозборів

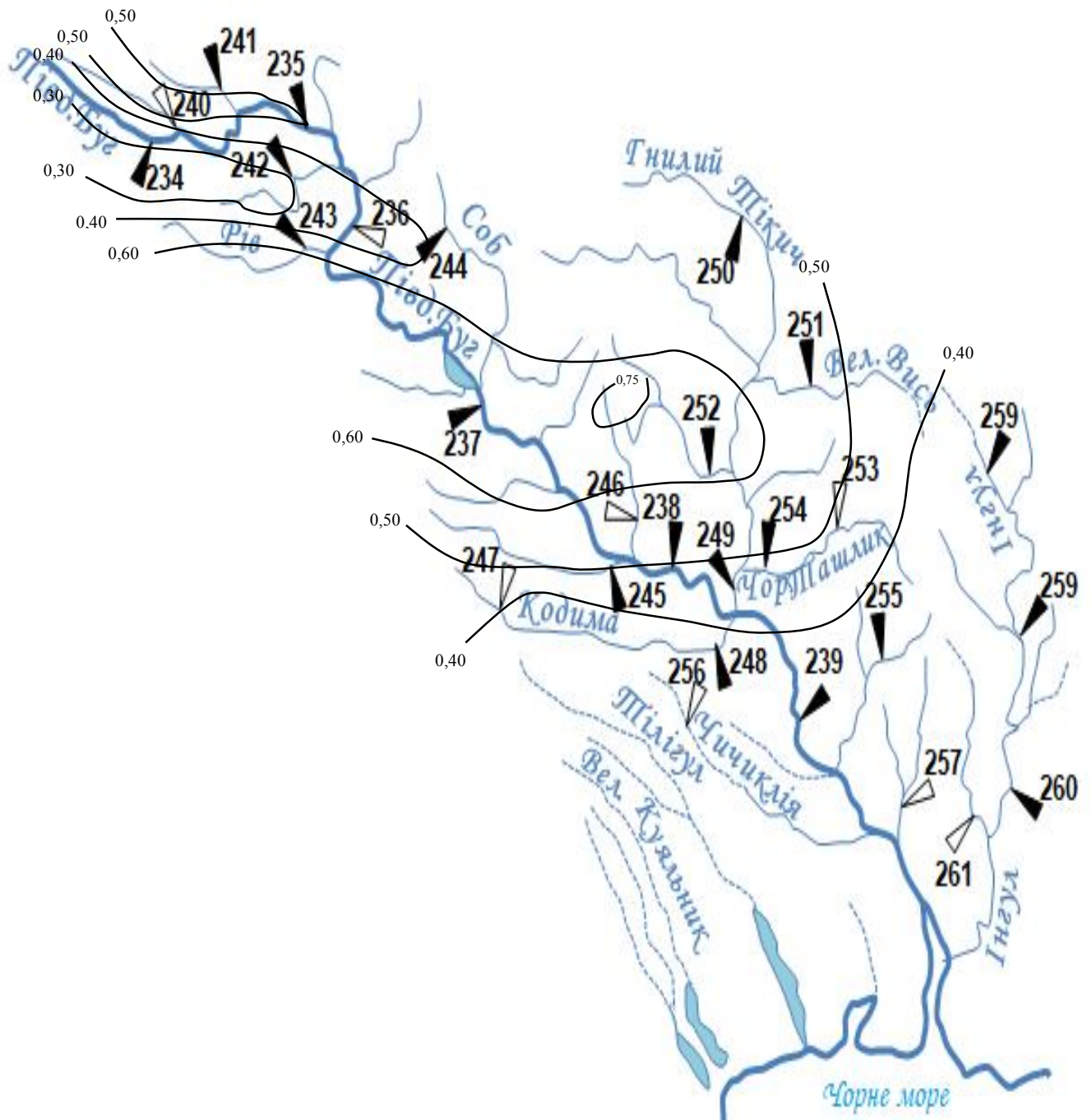


Рисунок 4.12 – Карта ізолій модулів мінімального стоку 80 %
забезпеченості за холодний період для річок басейну Південний Буг, $л/(с \cdot км^2)$

4.4 Перевірка точності розрахунку мінімального стоку

Після побудови карти 80-ти% мінімального модуля стоку ($q_{80\%}$) необхідно визначити точність розрахунку, як відносне відхилення розрахованих значень від фактичних по формулі

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

де q_p – розрахункові величини мінімального стоку;

q_ϕ – фактичні величини мінімального стоку.

Результати перевірних розрахунків представлені в дод. Д: теплий період – табл. Д.1, холодний період – табл. Д.2, точність визначення мінімального стоку за теплий період $\bar{\Delta} = \pm 6,8 \%$, а за холодний період $\bar{\Delta} = \pm 6,2 \%$, що відповідає точності вихідної інформації в басейні р. Південний Буг.

4.5 Розрахунок коефіцієнтів варіації і асиметрії мінімального стоку

За наявності тривалих спостережень за річним стоком коефіцієнт варіації розраховувався, як показано в 2 розділі, двома методами – моментів і найбільшої правдоподібності.

За відсутності спостережень за стоком коефіцієнт варіації (C_v) може бути розрахований по інтерполяції між значеннями, отриманими для річок аналогів.

Як видно з рис. 4.13 існує залежність коефіцієнта варіації від норми мінімального стоку за теплий період ($\bar{q}_{30_{80\%}}$, л/(с·км²)), з досить високим кореляційним зв'язком:

$$Cv = 0,594 \cdot \bar{q}_{30_{80\%}}^{-0.238}, \rho=0,70 \quad (4.5)$$

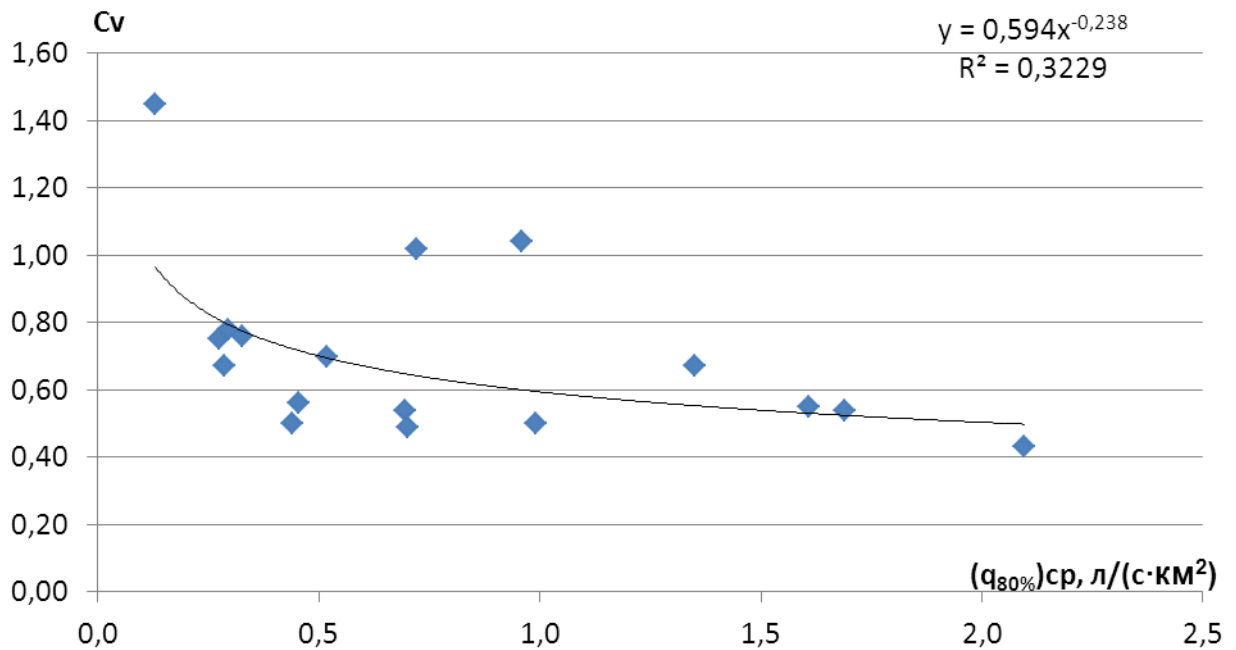


Рисунок 4.13 – Залежність між модулем мінімального стоку 80 %-ої та коефіцієнтами варіації в басейні Південний Буг за теплий період

За цією залежністю розраховано коефіцієнти варіації (Cv) для мінімальних 30-ти добових модулів стоку теплового періоду 80-% забезпеченості. Помилка розрахунку становить 18,0%, що відповідає вимогам діючого нормативного документу СНиП 2.10.14-83 [13], ($\sigma_{Cv} < 20\%$)

Як видно з рис. 4.14 існує залежність коефіцієнта варіації від норми мінімального стоку за холодний період ($\bar{q}_{30_{80\%}}$, л/(с·км²), з досить високим кореляційним зв'язком:

$$Cv = 0,4765 \cdot \bar{q}_{30_{80\%}}^{-0.308}, \rho=0,70 \quad (4.6)$$

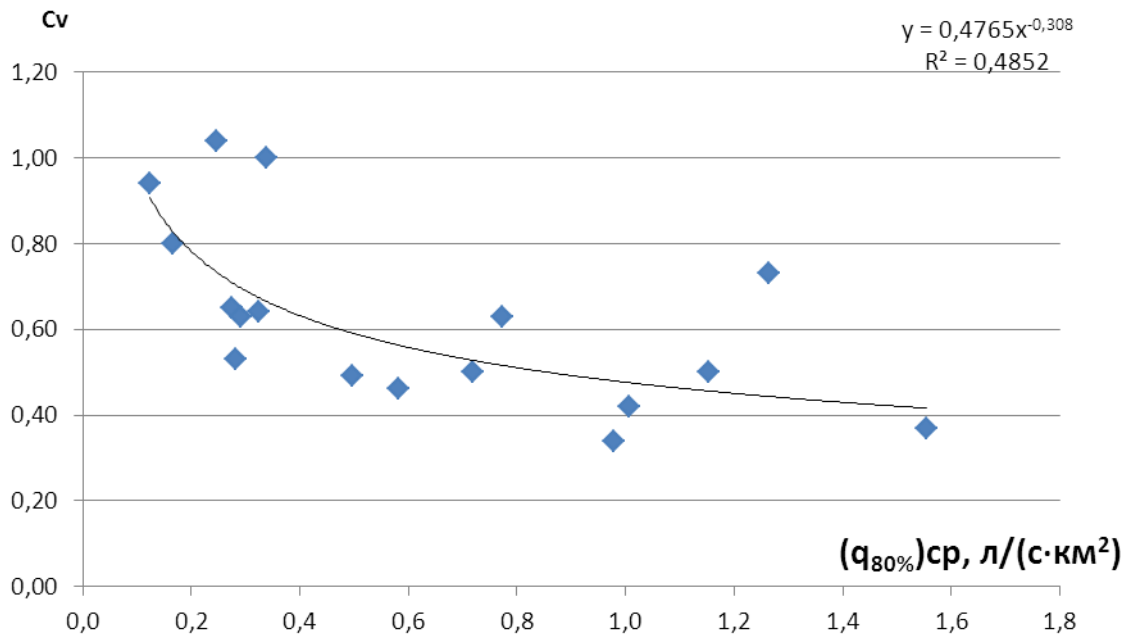


Рисунок 4.14 – Залежність між модулем мінімального стоку 80 %-ої та коефіцієнтами варіації в басейні Південний Буг за холодний період

За цією залежністю розраховано коефіцієнти варіації (C_v) для мінімальних 30-ти добових модулів стоку зимової межени 80-% забезпеченості. Помилка розрахунку становить 17,0%, що відповідає вимогам діючого нормативного документу СНиП 2.10.14-83 [13] ($\sigma_{c_v} < 20\%$)

Складним є встановлення коефіцієнта асиметрії C_s . Вони, по суті, виявляються самі випадковими, якщо розглядати їх по групі об'єктів. Тому виходячи з випадковості величини C_s при коротких рядах його значення визначають по усередненому в межах території співвідношенню C_s/C_v . Для басейнів річки Південний Буг співвідношення C_s/C_v можна усереднити на рівні 2,5.

ВИСНОВОК

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи була розроблена науково-методичні рекомендації щодо визначення модулів мінімального стоку 80 % забезпеченості та коефіцієнтів варіації для теплового і холодного періодів для річок басейну Південний Буг.

В роботі досліджено 17 водозборів з діапазоном площ водозборів від 145 км² (р. Кодима - с. Обжила) до 46200 км² (р. Південний Буг-сmt Олександрівка), і періодом спостережень від 35 до 101 років.

Згідно рекомендацій нормативного документу СНиП 2.01.14-83, було виконано статистична аналіз часових рядів 30-ти добових мінімальних витрат води за теплий і холодний періоди методом моментів та найбільшої правдоподібності, за якими були отримані майже однакові значення.

Крім того було виконана оцінка однорідності часових рядів та перевірено наявність повних циклів водності у досліджуваних рядах. Як у теплий, так і у холодний періоди ряди мають тривалі, майже по 50 років, маловодну і багатоводну фази. Починаючи з 2004 року для теплового періоду і 2010 року для холодного періоду на річках регіону настала маловодна фаза.

В результаті статистичного аналізу були визначені такі параметри часових рядів мінімального стоку:

- *для теплового періоду*: середній модуль стоку змінюється від 0,13 л/(с·км²) р. Кодима – с. Катеринка до 2,10 л/(с·км²) р. Іква - с. Стара Синява. Коефіцієнт варіації C_v змінюється в діапазоні від 0,43 (р. Іква – с. Стара Синява) до 1,45 (р. Кодима - с. Катеринка). Середнє значення співвідношення C_s/C_v для 17 розглянутих водозборів прийнято на рівні 2,5.

- *для холодного періоду*: середній модуль стоку змінюється від 0,38 л/(с·км²) (р. Кодима – с. Катеринка) до 2,85 л/(с·км²) (р. Іква - с. Стара Синява), тобто трохи більші ніж за теплий період. Коефіцієнт варіації C_v

змінюється в діапазоні від 0,34 (р. Ятрань – с. Покотилово) до 1,04 (р. Згар – с. Літин). Середнє значення співвідношення C_s/C_v прийнято на рівні 2,5.

Співвідношення C_s / C_v для теплого і холодного періодів усереднено по території і прийнято на рівні 2,5.

Розраховані модулі мінімального стоку різної забезпеченості, в якості опорної обрана забезпеченість - 80 %. Для переходу до інших забезпеченостей визначені перехідні коефіцієнти.

Результати узагальнення представлені у вигляді карт ізолій модулів мінімального стоку 80 % забезпеченості окремо для теплого і холодного періодів, а також у вигляді регіональних залежностей, вигляду (1) і (2) для визначення коефіцієнтів варіації мінімального стоку в басейні р. Південний Буг.

Точність визначення модулів $q_{80\%}$ складає за теплий період $\pm 6,8$ %, а за холодний період - $\pm 6,2$ %, що відповідає точності вихідної інформації в басейні р. Південний Буг, для коефіцієнтів варіації відповідно – 18 % (теплий період) та 17 % (холодний період), що відповідають точності вихідної інформації по мінімальному стоку в басейні р. Південний Буг.

Результати роботи можуть бути рекомендовані до практичного використання при визначенні мінімального стоку річок 80% забезпеченості для басейну р. Південний Буг, у тому числі й для невивчених у гідрологічному відношенні річок регіону.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ДЖЕРЕЛ

1. Розробка екологічного атласу басейну річки Південний Буг . Комп'ютерні регіональні системи державного моніторингу поверхневих вод: моделі, алгоритми, програми. Монографія – Під ред. В.Б.Мокіна. – Вінниця: вид-во ВНТУ «УНІВЕРСУМ-Вінниця» , 2005. – 315 с. [Електроний ресурс] <http://eco.com.ua/content/rozrobka-ekologichnogo-atlasu-baseinu-richki-pivdennii-bug>
2. Ресурси поверхневих вод СРСР. Україна и Молдавия. Вып.1. т.6, Ленинград: Гидрометеиздат, 1966. 884 с.
3. Портал «Природа України» географічні карти України. Районування України, фізико-географічне районування: Маринич О.М., Пархоменко Г.О., Петренко О.М., Шищенко П.Г. // Укр. Географ. Журн. 2003. №1.- С.16-21. Геологічна карта України (до четвертинний зріз): Великанов В.А., Гожик П.Ф.,И Педанюк Г.І. Національний атлас України // Київ.: 2007. – 435 с.: іл., карти. Рельєф. Геоморфологічна карта України: Атлас природних русловий и естественніхресурсовУкраинскойССР // М.: ГУГК, 1978. – 183 с [Електроний ресурс]<http://geomap.land.kiev.ua/geology-1-950.html>
4. Пособие по климату СРСР. Українська РСР. Ленинград:Гидрометеиздат, 1969. вып.10.,ч. IV. 696 с.
5. Пособие по климату СРСР. Українська РСР. Ленинград:Гидрометеиздат, 1969. вып.10.,ч. II. 696 с.
6. Hydrology and Earth System Sciences, 8(5), 861-876 (2004) Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford, Oxon, OX108BB, UK [Електроний ресурс] <https://www.hydrol-earth-syst-sci.net/8/861/2004/hess-8-861-2004.pdf>
7. Modern tendencies of climate, water resources and ecosystems changes in the MIDDLE-LOWER PART OF SOUTHERN BUG REVER, UKRAINE [Електроний

ресурс] https://www.researchgate.net/publication/321072391_MODERN_TENDENCIES_OF_CLIMATE_WATER_RESOURCES_AND_ECOSYSTEMS_CHANGES_IN_THE_MIDDLE-LOWER_PART_OF_SOUTHERN_BUG_RIVER_UKRAINE

8. Гопченко Є.Д., Лобода Н.С. Оцінювання природних водних ресурсів України за методом водно-теплогового балансу // Наук. Праці УКРНДГМІ – 2001. 67-78 с.
9. Основные гидрологические характеристики Ленинград: Гидрометеиздат, 1981. т.6, вып. 1.2: Украина и Молдавия.
10. Хмельницька Д.Ю., «Господарська діяльність басейна річки Південний Буг» Матеріали// V Міжнародної наукової конференції молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» 29-30 листопада 2017 р., ХНУ, Харків – 2017. С.151 – 152.
- 11.Кріцкий С.Н., Менкель М.Ф. Про деякі прийоми статистичного аналізу гідрологічних рядів // Тр. ГГИ. 1968.- вып.143- 110 с.
- 12.Рождественський А.В., Чебатарев А.І.. Статистическиметодывгидрологии. Ленингоад: Гидрометеоїздат, 1974. 424 с.
- 13.Посібник з визначення розрахункових гідрологічних характеристик Ленинград: Гидрометеоиздат, 1984. 448 с.
- 14.Хмельницька Д.Ю., Шаменкова О.І. «Оцінка однорідності й дослідження трендів в рядах мінімального стоку теплого і холодного періоду в басейні річки Південний Буг»/ Матеріали XVI наукової конференції молодих вчених Одеського державного екологічного університету. Тези доповідей. Одеса: ОДЕКУ, 2018. – С. 145.
- 15.Хмельницька Д.Ю., Шаменкова О.І.,Порівняння статистичних параметрів мінімального стоку теплого та холодного періоду річки Південний Буг// Збірник тез за матеріалами III міжнародна наукова конференція молодих вчених «Сучасна гідрометеорологія: Актуальні проблеми та шляхи їх вирішення» 21-23 березня 2018 р., ОДЕКУ, Одеса – 2018. С.147 – 148.

16. Хмельницька Д.Ю. «Мінімальний стік теплового і холодного періоду в басейні р. Південний Буг»// Збірник наукових праць XIII Міжнародної науково – практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, 15 - 16 листопада 2017 р., Київ: Прінт Сервіс, 2017 - с.66-67.

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця А.1 - Гідрологічні характеристики досліджуваних водозборів басейну річки Південний Буг

№ з/п	Номер поста	Річка-пост	Відстань, км		Ухил річки, ‰		Площа водозбору, км ²	Середня висота водозбору, м	Озерність (озера, в-ща, ставки) %	Заболоченість %	Лісистість %	Распаханість, %	Широга, ф
			Від витoku	Від найбільш видаленої точки річкової мережі	Середній	Средневзважений							
1	234	Південний Буг-с.Лелітка	152	152	0,6	0,3	4000	320	<1	5	8	-	49,44
2	236	Південний Буг-с.Сабарів	235	235	0,4	0,3	9010	310	<1	6	11	-	49,48
3	238	Південний Буг-с.Підгір'я	587	587	0,4	0,4	24600	-	<1	3	14	-	48,90
4	239	Південний Буг-с-мт Олександрівка	674	674	0,5	0,4	46200	-	<1	2	9	-	48,72
5	240	Бужок-с-мт.Меджибож	72	72	0,8	0,6	698	320	<1	7	1	70	49,54
6	241	Іква-с.Стара Синява	45	45	1,2	0,7	439	310	3	4	5	70	49,60
7	242	Згар-с-мтЛітин	97	97	0,9	0,9	1130	310	1	4	5	70	49,28
8	243	Рів-с.Демідовка	59	59	1,0	0,7	692	320	3	11	13	65	49,12
9	245	Савранка-с.Осички	91	96	1,7	1,1	1740	200	1	2	15	65	48,18
10	247	Кодима-с.Обжила	12	26	5,6	4,0	145	230	<1	2	19	70	48,04
11	248	Кодима-с.Катеринка	137	151	1,4	0,6	2390	170	<1	<1	11	75	47,96
12	249	Синюха-с.Синюхин Брід	99	270	0,7	0,6	16700	190	<1	1	5	-	48,82
13	251	Велика Вись-с.Ямпіль	156	156	0,7	0,3	2820	180	<1	1	3	70	48,63
14	252	Ятрань-с.Покотилове	99	99	1,5	1,3	2140	200	<1	<1	7	75	48,63
15	254	Чорний Ташлик-с.Тарасівка	117	123	1,3	0,8	2230	200	<1	1	2	75	48,32
16	259	Інгул-с.Седнівка	149	149	0,6	0,4	4770	160	<1	<1	2	-	48,37
17	260	Інгул-м.Новогорожене	236	236	0,6	0,4	6670	150	<1	<1	1	-	48,16

Додаток Б

Перевірка часових рядів мінімального стоку на однорідність в басейні р. Південний Буг

Таблиця Б.1 – Теплий період

Річка-пост	n, років	Рівень значущості, %	Критерій Фішера		Висновок	Критерій Стьюдента		Висновок	Критерій Уїлкоксона	Загальний висновок
			F	$F_{кр}$		T	$t_{кр}$			
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
Південний Буг - с. Летки	70	1%	1,40	2,58	Так	3,69	2,66	Ні	Ні	Ні
		5%		2,04	Так		2,00	Ні	Ні	Ні
Південний Буг - с. Сабаров	56	1%	4,05	2,77	Ні	6,99	2,67	Ні	Ні	Ні
		5%		2,16	Ні		2,01	Ні	Ні	Ні
Південний Буг - с. Підгір'я	76	1%	1,88	2,45	Так	2,62	2,65	Так	Так	Так
		5%		1,96	Так		2,00	Ні	Ні	Ні
Південний Буг – смт Олександрівка	101	1%	2,42	2,07	Ні	2,86	2,62	Ні	Так	Ні
		5%		1,74	Ні		1,98	Ні	Ні	Ні
Бужок - смт Меджибож	35	1%	2,87	4,64	Так	3,82	2,77	Ні	Ні	Ні
		5%		3,29	Так		2,25	Ні	Ні	Ні
Іква - с. Стара Синява	70	1%	1,24	2,58	Так	1,59	2,66	Так	Так	Так
		5%		2,04	Так		2,00	Так	Так	Так
Згар - смт Літин	83	1%	2,06	2,11	Так	2,22	2,62	Так	Так	Так
		5%		1,76	Ні		1,98	Ні	Ні	Ні
Ров - с. Демидівка	59	1%	2,13	2,74	Так	0,58	2,67	Так	Так	Так
		5%		2,14	Так		2,00	Так	Так	Так

Продовження табл. Б.1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
Савранка - с. Осички	68	1%	1,19	2,61	Так	1,73	2,66	Так	Так	Так
		5%		2,06	Так		2,00	Так	Так	Так
Кодима - с. Обжила	41	1%	2,11	3,92	Так	5,22	2,74	Ні	Ні	Ні
		5%		2,74	Так		2,04	Ні	Ні	Ні
Кодима - с. Катеринка	81	1%	3,63	2,22	Ні	3,48	2,63	Ні	Ні	Ні
		5%		1,83	Ні		1,99	Ні	Ні	Ні
Синюха - с. СинюхинБрід	90	1%	1,22	2,28	Так	0,82	2,64	Так	Так	Так
		5%		1,87	Так		1,99	Так	Так	Так
Велика Вись - с. Ямполь	88	1%	1,97	2,13	Так	2,87	2,63	Ні	Ні	Ні
		5%		1,77	Ні		1,98	Ні	Ні	Ні
Ятрань - с. Покотилово	54	1%	1,52	2,84	Так	4,22	2,67	Ні	Ні	Ні
		5%		2,19	Так		2,01	Ні	Ні	Ні
ЧонийГашлик - с. Тарасівка	79	1%	1,80	2,35	Так	4,50	2,64	Ні	Ні	Ні
		5%		1,91	Так		2,00	Ні	Ні	Ні
Інгул - с. Седнівка	60	1%	1,30	2,64	Так	3,46	2,66	Ні	Ні	Ні
		5%		2,08	Так		2,00	Ні	Ні	Ні
Інгул - с. Новогорожено	81	1%	5,01	2,18	Ні	7,38	2,63	Ні	Ні	Ні
		5%		1,81	Ні		1,99	Ні	Ні	Ні

Таблиця Б.2 – Холодний період

Річка-пост	n, років	Рівень значущості, %	Критерій Фішера		Висновок	Критерій Стьюдента		Висновок	Критерій Уїлкоксона	Загальний висновок
			F	$F_{кр}$		t	$t_{кр}$			
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
Південний Буг - с. Летки	70	1%	1,43	2,61	так	2,64	2,64	Так	Ні	Так
		5%		2,06	так		2,00	Ні	Ні	
Південний Буг - с. Сабаров	56	1%	1,61	2,81	Так	3,80	2,67	Ні	Ні	Ні
		5%		2,14	Так		2,01	Ні	Ні	
Південний Буг - с. Підгір'я	76	1%	1,16	2,51	Так	3,20	2,65	Ні	Ні	Ні
		5%		2,00	Так		2,00	Ні	Ні	
Південний Буг – с.мт Олександрівка	101	1%	1,59	2,14	Так	6,34	2,63	Ні	Ні	Ні
		5%		1,78	Так		1,99	Ні	Ні	
Бужок - с.мт Меджибож	35	1%	14,37	4,63	Ні	2,66	2,77	Ні	так	Ні
		5%		3,09	Ні		2,05	Ні	Ні	
Іква - с. Стара Синява	70	1%	3,39	2,54	Ні	1,33	2,65	Так	Ні	Ні
		5%		2,02	Ні		2,00	Так	Ні	
Згар - с.мтЛітин	83	1%	1,36	2,31	Так	1,81	2,64	Так	Ні	Так
		5%		1,89	Так		1,99	Так	Ні	
Ров - с. Демидівка	59	1%	1,79	4,64	Так	1,40	2,77	Так	Так	Так
		5%		3,90	Так		2,05	Так	Так	
Савранка - с. Осички	68	1%	4,70	2,71	Ні	0,81	2,67	Ні	Так	Ні
		5%		2,12	Ні		2,00	Так	Так	

Продовження табл. Б.2

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
Кодима - с. Обжила	41	1%	2,75	4,16	Так	3,09	2,75	Hi	Hi	Hi
		5%		2,86	Так		2,04	Hi	Hi	Hi
Кодима - с. Катеринка	81	1%	2,72	2,45	Hi	6,41	2,65	Hi	Hi	Hi
		5%		1,96	Hi		2,00	Hi	Hi	Hi
Синюха - с. СинюхинБрід	90	1%	1,08	2,25	Так	2,96	2,63	Hi	Hi	Hi
		5%		1,85	Так		1,99	Hi	Hi	Hi
ВеликаВись - с. Ямполь	88	1%	1,43	2,18	Так	7,07	2,69	Hi	Hi	Hi
		5%		1,81	Так		1,99	Hi	Hi	Hi
Ятрань - с. Покотилово	54	1%	5,30	2,90	Hi	1,61	2,68	Так	Так	так
		5%		2,23	Hi		2,01	Так	Так	так
ЧонийТашлик - с. Тарасівка	79	1%	1,83	2,25	Так	5,83	2,63	Hi	Hi	Hi
		5%		1,85	Так		1,99	Hi	Hi	Hi
Інгул - с. Седнівка	60	1%	2,19	2,77	Так	3,53	2,67	Hi	Hi	Hi
		5%		2,16	Hi		2,01	Hi	Hi	Hi
Інгул - с. Новогорожено	81	1%	3,42	2,28	Hi	4,58	2,64	Hi	Hi	Hi
		5%		1,87	Hi		1,99	Hi	Hi	Hi

Додаток В

Розрахунок мінімальних витрат води заданої забезпеченості в басейні р. Південний Буг

Таблиця В.1 - Теплий період

№ з/п	Річка-Пост	Cv	$Q_{130\%}$ л/(с·км ²)	k _{75%}	$Q_{75\%}$ л/(с·км ²)	k _{80%}	$Q_{80\%}$ л/(с·км ²)	k _{90%}	$Q_{90\%}$ л/(с·км ²)	k _{95%}	$Q_{95\%}$ л/(с·км ²)	k _{97%}	$Q_{97\%}$ л/(с·км ²)
1	Південний Буг - с. Летки	0,55	1,61	0,62	1,00	0,55	0,88	0,42	0,68	0,31	0,49	0,29	0,46
2	Південний Буг - с. Сабаров	0,67	1,35	0,53	0,72	0,50	0,67	0,38	0,51	0,24	0,32	0,20	0,27
3	Південний Буг - с. Підгір'я	0,50	0,99	0,64	0,63	0,58	0,57	0,46	0,45	0,37	0,37	0,33	0,32
4	Південний Буг – сміт Олександрівка	0,49	0,70	0,64	0,45	0,58	0,41	0,46	0,32	0,37	0,26	0,32	0,23
5	Бужок - смт Меджибож	1,04	0,96	0,33	0,32	0,27	0,25	0,15	0,14	0,10	0,09	0,06	0,05
6	Іква - с. Стара Синява	0,43	2,10	0,70	1,47	0,65	1,37	0,55	1,16	0,46	0,96	0,44	0,91
7	Згар - смтЛітин	1,02	0,72	0,33	0,24	0,27	0,19	0,15	0,11	0,09	0,07	0,06	0,04
8	Ров - с. Демидівка	0,54	1,69	0,62	1,05	0,55	0,92	0,42	0,71	0,30	0,51	0,28	0,48
9	Савранка - с. Осички	0,70	0,52	0,51	0,26	0,44	0,23	0,31	0,16	0,23	0,12	0,18	0,10
10	Кодима - с. Обжила	0,75	0,28	0,49	0,13	0,41	0,11	0,28	0,08	0,20	0,06	0,26	0,07
11	Кодима - с. Катеринка	1,45	0,13	0,15	0,02	0,10	0,01	0,04	0,01	0,02	0,00	0,01	0,00
12	Синюха - с. СинюхинБрід	0,56	0,46	0,62	0,28	0,55	0,25	0,42	0,19	0,31	0,14	0,29	0,13
13	Велика Вись - с. Ямполь	0,67	0,29	0,51	0,15	0,50	0,14	0,38	0,11	0,24	0,07	0,20	0,06
14	Ятрань - с. Покотилово	0,54	0,70	0,62	0,43	0,55	0,38	0,42	0,29	0,30	0,21	0,29	0,20
15	ЧонийТашлик - с. Тарасівка	0,76	0,33	0,48	0,16	0,41	0,13	0,29	0,09	0,20	0,06	0,26	0,09
16	Інгул - с. Седнівка	0,50	0,44	0,64	0,28	0,59	0,26	0,46	0,20	0,37	0,16	0,33	0,14
17	Інгул - м. Новогорожено	0,78	0,29	0,45	0,13	0,40	0,12	0,30	0,09	0,19	0,05	0,13	0,04

Таблиця В.2 - Холодний період

№ з/п	Річка-Пост	Cv	$q_{30\%}$ л/(с·км ²)	k _{75%}	$q_{75\%}$ л/(с·км ²)	k _{80%}	$q_{80\%}$ л/(с·км ²)	k _{90%}	$q_{90\%}$ л/(с·км ²)	k _{95%}	$q_{95\%}$ л/(с·км ²)	k _{97%}	$q_{97\%}$ л/(с·км ²)
1	Південний Буг - с. Летки	0,50	1,97	0,64	1,26	0,59	1,15	0,46	0,90	0,37	0,73	0,33	0,64
2	Південний Буг - с. Сабаров	0,63	1,51	0,57	0,86	0,51	0,77	0,38	0,58	0,29	0,44	0,25	0,37
3	Південний Буг - с. Підгір'я	0,42	1,52	0,71	1,08	0,66	1,01	0,55	0,83	0,47	0,71	0,42	0,64
4	Південний Буг – сміт Олександрівка	0,50	1,23	0,64	0,79	0,59	0,72	0,46	0,56	0,37	0,46	0,33	0,40
5	Бужок - смт Меджибож	1,00	1,25	0,33	0,41	0,27	0,34	0,16	0,19	0,09	0,12	0,07	0,08
6	Іква - с. Стара Синява	0,73	2,85	0,51	1,44	0,44	1,26	0,31	0,88	0,23	0,65	0,18	0,52
7	Згар - смтЛітин	1,04	0,91	0,33	0,30	0,27	0,25	0,16	0,14	0,09	0,08	0,07	0,06
8	Ров - с. Демидівка	0,37	2,35	0,71	1,67	0,66	1,55	0,55	1,29	0,47	1,10	0,42	0,98
9	Савранка - с. Осички	0,46	0,99	0,64	0,64	0,59	0,58	0,46	0,46	0,37	0,37	0,33	0,32
10	Кодима - с. Обжила	0,65	0,62	0,51	0,31	0,44	0,28	0,31	0,19	0,23	0,14	0,18	0,11
11	Кодима - с. Катеринка	0,94	0,38	0,39	0,15	0,32	0,12	0,16	0,06	0,13	0,05	0,10	0,04
12	Синюха - с. СинюхинБрід	0,49	0,85	0,64	0,54	0,59	0,50	0,46	0,39	0,37	0,32	0,33	0,28
13	Велика Вись - с. Ямполь	0,63	0,57	0,57	0,33	0,51	0,29	0,38	0,22	0,29	0,17	0,25	0,14
14	Ятрань - с. Покотилово	0,34	1,31	0,79	1,03	0,75	0,98	0,65	0,85	0,58	0,76	0,53	0,70
15	ЧонийТашлик - с. Тарасівка	0,64	0,63	0,57	0,36	0,51	0,32	0,38	0,24	0,29	0,19	0,25	0,16
16	Інгул - с. Седнівка	0,53	0,87	0,64	0,56	0,32	0,28	0,46	0,40	0,37	0,33	0,33	0,28
17	Інгул - м. Новогорожено	0,80	0,44	0,44	0,19	0,38	0,17	0,25	0,11	0,17	0,08	0,13	0,06

Додаток Д

Узагальнення модулів стоку 80 %-ої забезпеченості в басейні Південний Буг та перевірні розрахунки

Таблиця Д.1 -Теплий період

№ з/п	Річка-Пост	$q_{80\%}$, л/(с·км ²)	($\varphi=49^{\circ}$)	$(q_{80\%})_{\varphi=49}$, л/(с·км ²)	$f_{л}$, %	$K_{л}$	$(q_{80\%})_{\varphi=49, f_{л}=0}$, л/(с·км ²)	$f_{б}$, %	$(q_{80\%})_{np}$, л/(с·км ²)	$(q_{80\%})_{к}$, л/(с·км ²)	$\Delta q_{80\%}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Південний Буг - с. Летки	0,88	0,44	0,67	8	1,41	0,00	5	0,62	0,9	2,4
2	Південний Буг - с. Сабаров	0,67	0,48	0,45	11	1,56	0,29	6	0,43	0,7	4,6
3	Південний Буг - с. Підгір'я	0,57	-0,1	0,62	14	1,71	0,36	3	0,33	0,55	4,2
4	Південний Буг - сmtОлександрівка	0,41	-0,28	0,54	9	1,46	0,37	2	0,28	0,4	1,8
5	Бужок - сmt Меджибож	0,25	0,54	0,003	1	1,05	0,003	7	0,24	0,25	1,7
6	Іква - с. Стара Синява	1,37	0,6	1,09	5	1,26	0,87	4	1,09	1,3	5,0
7	Згар - сmtЛітин	0,19	0,28	0,06	5	1,26	0,05	4	0,15	0,2	4,1
8	Ров - с. Демидівка	0,92	0,12	0,87	13	1,66	0,52	11	0,55	0,9	2,3
9	Савранка - с. Осички	0,23	-0,82	0,61	15	1,77	0,35	2	0,13	0,2	12,9
10	Кодима - с. Обжила	0,11	-0,96	0,56	19	1,97	0,28	2	0,06	0,1	12,1
11	Кодима - с. Катеринка	0,01	-1,04	0,50	11	1,56	0,32	1	0,01	0,01	24,4
12	Синюха - с. СинюхинБрід	0,25	-0,18	0,33	5	1,26	0,27	1	0,20	0,25	0,2

13	Велика Вись - с. Ямполь	0,14	-0,37	0,31	3	1,15	0,27	1	0,12	0,15	5,2
----	-------------------------	------	-------	------	---	------	------	---	------	------	-----

Продовження табл. Д.1

86

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
14	Ятрань - с. Покотилово	0,14	-0,37	0,55	7	1,36	0,34	1	0,28	0,4	5,4
15	ЧонийТашлик - с. Тарасівка	0,38	-0,68	0,45	2	1,10	0,37	1	0,12	0,15	11,2
16	Інгул - с. Седнівка	0,13	-0,63	0,55	2	1,10	0,45	1	0,23	0,25	2,9
17	Інгул - м. Новогорожено	0,26	-0,84	0,51	1	1,05	0,45	1	0,11	0,1	14,1

±6,8 %

Таблиця Д.2 - Холодний період

№ з/п	Річка-Пост	$q_{80\%}$, л/(с·км ²)	(φ-49°)	$(q_{80\%})_{\varphi=49}$ л/(с·км ²)	$f_{л}$, %	$K_{л}$	$(q_{80\%})_{\varphi=49, f_{л}=0}$, л/(с·км ²)	$f_{б}$, %	$(q_{80\%})_{np}$, л/(с·км ²)	$(q_{80\%})_{к}$, л/(с·км ²)	$\Delta q_{80\%}$
1	Південний Буг - с. Летки	1,15	0,44	0,96	8	1,62	0,59	5	0,71	0,7	1,9
2	Південний Буг - с. Сабаров	0,77	0,48	0,56	11	1,85	0,30	6	0,42	0,4	4,4
3	Південний Буг - с. Підгір'я	1,01	-0,1	1,05	14	2,08	0,51	3	0,48	0,5	3,2
4	Південний Буг - с.мтОлександрівка	0,72	-0,28	0,84	9	1,69	0,50	2	0,42	0,4	5,8
5	Бужок - с.мт Меджибож	0,34	0,54	0,10	1	1,08	0,09	7	0,31	0,3	4,7
6	Іква - с. Стара Синява	1,26	0,6	0,12	5	1,38	0,72	4	0,91	0,9	1,4
7	Згар - с.мтЛітин	0,25	0,28	1,50	5	1,38	0,09	4	0,18	0,2	11,8
8	Ров - с. Демидівка	1,55	0,12	0,94	13	2,00	0,75	11	0,78	0,8	2,9
9	Савранка - с. Осички	0,58	-0,82	0,70	15	2,15	0,44	2	0,27	0,3	11,1
10	Кодима - с. Обжила	0,28	-0,96	0,58	19	2,46	0,28	2	0,11	0,1	10,7
11	Кодима - с. Катеринка	0,12	-1,04	0,58	11	1,85	0,31	1	0,07	0,05	25,2
12	Синюха - с. СинюхинБрід	0,50	-0,18	0,45	5	1,38	0,42	1	0,36	0,35	2,6
13	Велика Вись - с. Ямполь	0,29	-0,37	1,14	3	1,23	0,37	1	0,24	0,25	5,3
14	Ятрань - с. Покотилово	0,98	-0,37	1,62	7	1,54	0,74	1	0,64	0,65	2,2
15	ЧонийТашлик - с. Тарасівка	0,32	-0,68	0,62	2	1,15	0,54	1	0,28	0,3	6,9
16	Інгул - с. Седнівка	0,28	-0,63	0,56	2	1,15	0,49	1	0,25	0,25	1,8
17	Інгул - м. Новогорожено	0,17	-0,84	0,54	1	1,08	0,50		0,15	0,15	3,2

