

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут  
Кафедра гідрології суші

**Магістерська кваліфікаційна робота**

на тему: «Меженний стік річок Приазов'я»

Виконав магістр 2-го року навчання  
групи МЗГ- 19  
спеціальності 103 «Науки про Землю»  
освітньо-професійної програми «Гідрологія»  
Гоян Юлія Олександрівна

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

Консультант

Рецензент канд. геогр. наук, доц.  
Боровська Галина Олександрівна

Одеса 2020

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.** *Шакірманова*  
“ 22 ” жовтня 2020 року

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

Гоян Юлії Олександрівни  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Меженний стік річок Приазов'я  
керівник роботи Гопцій Марина Володимирівна, канд. геогр. наук, ст. викл.,  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “16” жовтня 2020 року №194  
«С»

2. Строк подання студентом роботи 08 грудня 2020 року
3. Вихідні дані до роботи: мінімальні середні та 30-ти добові витрати води за зимовий та літньо-осінній періоди по річках Приазов'я від початку спостережень по 2015 рік, включно; основні гідрографічні характеристики водозборів
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Умови формування меженного стоку на річках Приазов'я; 2. Оцінка статистичних параметрів меженного стоку на річках Приазов'я; 3. Розробка методики нормування характеристик мінімального стоку на річках Приазов'я.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
Карто-схеми: Фізико-географічна карта України; ґрунти України; рослинність України; карст; опади за рік (а), за теплий (б) та холодний (в) періоди; річкова мережа Приазов'я; розташування гідрологічних постів на території Приазов'я; хронологічні графіки витрат води на річках Приазов'я; ізоліній середніх мінімальних 30-тидобових модулів стоку на річках Приазов'я за літньо-осінній та зимовий періоди. Графіки: Різницево-інтегральні криві зимового (а) та літньо-осіннього (б) меженного стоку; зв'язку середніх мінімальних 30-тидобових модулів стоку приведенного до широти  $\varphi=48^\circ$  від широти центрів тяжіння, висоти, залісеності водозборів на річках Приазов'я у літньо-осінній та зимовий періоди. Залежності: між модулем мінімального стоку та коефіцієнтами варіації на

річках Приазов'я у літньо-осінній та зимовий періоди; між мінімальним стоком за літньо-осінній та зимовий періоди на річках Приазов'я.

#### 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 23.10.2020 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Вступ. Умови формування меженого стоку на річках Приазов'я	26.10-02.11	<b>90</b>	відмінно
2	Однорідність, циклічність і тренди у часових рядах мінімального стоку на річках Приазов'я	03.11-07.11	<b>92</b>	відмінно
3	Оцінка статистичних параметрів меженого стоку на річках Приазов'я	08.11-12.11	<b>91</b>	відмінно
4	Розрахунок модулів мінімального стоку на річках Приазов'я за нормативними документами	13.11-16.11	<b>91</b>	відмінно
5	Дослідження впливу місцевих факторів на величину мінімального стоку у межень	17.11-25.11	<b>96</b>	відмінно
	<b>Рубіжна атестація</b>	<i>26.11</i>		
6	Узагальнення модулів мінімального стоку на річках Приазов'я. Побудова карти ізоліній. Перевірні розрахунки.	27.11-30.11	<b>98</b>	відмінно
7	Висновки	01.12		
	Оформлення роботи	05.12		
	Перевірка на плагіат, підписання авторського договору	07.12		
	Підготовка доповіді, презентації	09-14.12		
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		<b>93</b>	відмінно

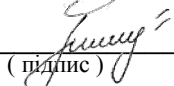
Студент

  
(підпис)

Гоян Ю.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

  
(підпис)

Гопцій М.В.

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Магістерська кваліфікаційна робота студентки гр. МЗГ-19 Гоян Юлії Олександрівни на тему «Меженний стік на річках Приазов'я».

**Актуальність теми.** Для запобігання виснаження водних ресурсів регіону необхідно раціонально їх використовувати протягом року. Тому постає питання про визначення величини модулів мінімального стоку та оцінку їх мінливості в межах досліджуваного регіону степової зони України.

**Мета дослідження** полягає у розробці рекомендацій щодо визначення та розрахунку мінімального стоку, у тому числі невивчених у гідрологічному відношенні водозборів річок Приазов'я, що ґрунтуються на аналізі особливостей умов його формування та вплив місцевих чинників для літньо-осінньої та зимової межени на річках Приазов'я.

**Основні задачі:** проаналізувати умови формування мінімального стоку для літньо-осінньої та зимової межени на річках Приазов'я; виконати оцінку мінімального стоку досліджуваного району; здійснити статистичний аналіз рядів спостережень; визначити величини модулів мінімального стоку на річках Приазов'я; перевірити однорідність стокових рядів; проаналізувати циклічність у коливаннях мінімального стоку досліджуваного району та тренди у часових рядах мінімального стоку; виконати узагальнення модулів мінімального стоку та коефіцієнтів варіації по території.

**Об'єкт і предмет дослідження:** 30-ти добові мінімальні витрати води за літньо-осінній та зимовий періоди на річках Приазов'я.

**Методи досліджень:** статистичний, гідролого-генетичний, картування.

**Результати роботи** представлені у вигляді карт ізоліній середніх 30-тидобових модулів мінімального стоку для літньо-осіннього і зимового періодів для річок Приазов'я. Для визначення коефіцієнтів варіації мінімального стоку у періоди межени рекомендовані регіональні рівняння.

**Новизна досліджень** Вперше для дослідженого регіону розроблена методика оцінки величини мінімального стоку літньо-осіннього і зимового періодів на основі сучасних даних (по 2015 рік).

**Теоретичне значення.** Розроблені науково-методичні рекомендації по визначенню мінімального стоку на річках Приазов'я.

**Практичне значення** одержаних результатів дослідження дозволить надійно оцінювати величину мінімального стоку на річках Приазов'я у періоди межени по всій території, що дозволить раціональніше використовувати водні ресурси регіону та запобігти їх виснаженню.

*Кількість сторінок – 65*

*Кількість рисунків – 20*

*Кількість таблиць – 9*

*Кількість використаної літератури – 25*

**Ключові слова:** мінімальний стік річок, межень, статистичний аналіз, циклічність, узагальнення.

## SUMMARY

Master's qualification work of a student gr. MZG-19 Hoian Y.O. on the theme "Low runoff on the rivers of the Azov region".

**Actuality of theme.** To prevent the 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 estimating their variability within the studied region of the steppe zone of Ukraine.

The **purpose** of the study is to develop recommendations for determining and calculating the minimum runoff, including hydrologically unexplored watersheds of the rivers of the Azov region, based on the analysis of the peculiarities of its formation conditions and the influence of local factors for summer-autumn and winter low on the rivers of the Azov region.

**Main tasks:** to analyze the conditions of formation of the minimum runoff for the summer-autumn and winter low on the rivers of the Azov region; perform an assessment of the minimum runoff of the study area; perform statistical analysis of series of observations; determine the values of the modulus of minimum runoff on the rivers of the Azov region; check the homogeneity of stock rows; to analyze the cyclicity in the fluctuations of the minimum runoff of the studied area and trends in the time series of the minimum runoff; perform generalization of modules of minimum runoff and coefficients of variation across the territory.

**Object and subject of research:** 30-day minimum water consumption for summer-autumn and winter periods on the rivers of the Azov region.

**Research methods:** statistical, hydrological and genetic, mapping.

**The results** are presented in the form of isoline maps of the average 30-day modules of the minimum runoff for summer-autumn and winter periods for the rivers of the Azov region. The recommended regional equations are used to determine the coefficients of variation of the minimum runoff over periods.

**The novelty of research.** For the first time for the studied region, a method for estimating the value of the minimum runoff of summer-autumn and winter periods was developed on the basis of modern data (for 2015).

**Theoretical value.** Scientific and methodological recommendations for determining the minimum runoff on the rivers of the Azov region have been developed. The **practical significance** of the obtained results of the research will allow to reliably estimate the value of the minimum runoff on the rivers of the Azov region during the limited periods throughout the territory, which will allow more rational use of water resources in the region and prevent their depletion.

**Number of pages is 65**

**Number of drawings - 20**

**The number of tables is 9**

**Number of used literature - 25**

**Key words:** minimum river runoff, low, statistical analysis, cyclicity, generalization.

## ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Умови формування меженного стоку на річках Приазов'я.....	9
1.1 Географічне положення, рельєф.....	11
1.2 Характеристика підстилаючої поверхні.....	13
1.3 Кліматичні умови .....	16
1.4 Гідрологічна вивченість.....	19
1.5 Маловодні періоди та їх тривалість на річках Приазов'я .....	22
2 Оцінка статистичних параметрів меженного стоку на річках Приазов'я...	25
2.1 Однорідність, циклічність і тренди у часових рядах мінімального стоку на річках Приазов'я.....	27
2.2 Статистичний аналіз характеристик мінімального стоку на річках Приазов'я.....	32
3 Розробка методики нормування характеристик мінімального стоку на річках Приазов'я.....	36
3.1 Узагальнення модулів мінімального стоку на річках Приазов'я.....	37
3.1.1 Літньо-осінній період.....	40
3.1.2 Зимовий період.....	44
3.2 Розрахунок коефіцієнтів варіації асиметрії мінімального стоку.....	47
3.3 Перевірка точності розрахунку мінімального стоку на річках Приазов'я.....	49
3.4 Розрахунок мінімального стоку різної забезпеченості.....	49
3.5 Визначення мінімальних витрат води імовірністю перевищення 80% за нормативними документами.....	51
Висновки.....	54
Перелік джерел посилання.....	57
Додатки .....	60

## ВСТУП

На сьогодні одним з основних завдань гідрології є розробка методів розрахунку характеристик мінімального стоку при різному обсязі вихідної інформації з урахуванням впливу кліматичних змін, що відбуваються, та зростаючого антропогенного навантаження. Рішення такого завдання має обов'язково включати в себе дослідження статистичної структури рядів з визначенням генетичної та статистичної однорідності вихідної інформації, обґрунтування вибору репрезентативності рядів для розрахунку параметрів мінімального стоку.

Питання водокористування у періоди меженного стоку стає все більш актуальним. Впродовж останніх років ця проблема постає гостріше, що може призвести до нестачі водних ресурсів особливо у степовій зоні, а саме на річках Приазов'я.

Основною *метою* магістерської роботи є розробка рекомендацій щодо визначення та розрахунку мінімального стоку, у тому числі невивчених у гідрологічному відношенні водозборів річок Приазов'я, що ґрунтуються на аналізі особливостей умов його формування та вплив місцевих чинників.

*Практичне значення* одержаних результатів дослідження дозволить надійно оцінювати величину мінімального стоку на річках Приазов'я у періоди меженої по всій території, що дозволить раціональніше використовувати водні ресурси регіону та запобігти їх виснаженню.

*Об'єктом дослідження* є мінімальні 30-ти добові витрати води зимового та літньо-осіннього періодів на річках Приазов'я.

### *Завдання:*

- створення бази даних мінімального стоку за зимовий та літньо-осінній періоди;
- оцінити однорідність, циклічності та тренди в рядах мінімального стоку;
- статистичний аналіз часових рядів мінімального стоку;

- визначити та узагальнити по території параметри меженного стоку на річках Приазов'я.

У *першому* розділі проаналізовано умови формування стоку на річках Приазов'я. Описані кліматичні фактори та фактори підстилаючої поверхні, які визначають режим меженного стоку на річках.

У *другому* розділі виконана оцінка мінімального стоку досліджуваного району, виконано статистичний аналіз характеристик мінімального стоку за зимовий та літньо-осінній періоди, перевірено однорідність стокових рядів, проаналізовано циклічність у коливаннях мінімального стоку досліджуваного району та тренди у часових рядах мінімального стоку на річках Приазов'я.

У *третьому* розділі визначені статистичні параметри рядів мінімального стоку: середнє значення, коефіцієнт варіації і асиметрії та співвідношення  $C_s/C_v$ . Виконано узагальнення середніх 30-ти добових модулів мінімального стоку в межах Приазов'я для літньо-осіннього та зимового періодів. Визначено мінімальні витрати води імовірністю перевищення 80% за нормативними документами.

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 Гідрометеорологічного центру Чорного та Азовського морів (лист №1791 від 11.11.2020 р.).



## 1 УМОВИ ФОРМУВАННЯ МЕЖЕННОГО СТОКУ

Мінімальний стік води на річках відноситься до небезпечних гідрологічних явищ, коли річка живиться в основному підземними водами. В цьому контексті важливим є встановлення чинників, які впливають на формування мінімального стоку річок.

Меженний стік зазвичай підтримуються за рахунок виснаження запасів підземних вод або поверхневих стоком з водних об'єктів, розташованих вище за течією, таких як озера, болота та льодовики. Періоди низького стоку протягом року або сезону можуть обумовлюватися різними механізмами, які викликають гідрологічний відгук. У холодному північному кліматі низький стік може визначатися тривалим зимовим періодом, протягом якого опади випадають переважно у вигляді снігу, у результаті чого відбувається навіть зменшення стоку до початку весняної повені. Другий період, коли відзначається межень, це теплий сезон, протягом якого спостерігаються періоди сильного випаровування та незначних опадів. В залежності від місцевих кліматичних та фізико географічних умов у деяких басейнах низький стік формується у результаті переважно одного процесу або комбінації процесів, як описано вище. Важливо розуміти процеси, обумовлюють меженний стік, оскільки вони можуть визначати аналітичні підходи, застосовуванні для аналізу їх характеристик та результатів [1].

Для дослідження мінімального стоку на річках Приазов'я у періоди межені:

- зимовий період прийнято період від дати появи на річці стійких льодових утворень восени до дати початку весняної повені. В окремих випадках за відсутності льодових утворень вибір проводився за період календарної зими, з 1 грудня і до початку весняної повені;

- літньо-осінній період брався від дати закінчення весняної повені до дати появи стійких льодових утворень (або до 1 грудня за відсутності льодових явищ).

Меженні витрати води спостерігаються у періоди, коли живлення річок здійснюється в основному за рахунок притоку підземних вод. Тому, гідрологічні умови річних басейнів є основним фактором, визначаючим величину меженних

витрат води. Умови формування меженного стоку здійснюються взаємозв'язком поверхневих й підземних вод. Цим взаємозв'язком визначають величину можливого живлення річок підземними водами або величину втрат поверхневих річних вод, що йде на поповнення запасів підземних вод [2].

Вплив гідрологічних умов відбувається на тлі впливу загальних фізико-географічних факторів: клімату, рельєфу, характер ґрунтів, заболоченості, лісистості, озерності й т.д. та змін у природному режимі річок, що відбувається у наслідок господарської діяльності людини. Перша група умов підкорена деякій географічній зональності, друга група, пов'язана з діяльністю людини, залежить від тривалості та інтенсивності засвоєння природних ресурсів даної території. На великих водозборах вплив окремих факторів згладжується; за мірою зменшення водозбору місцеві умови переважають домінуючу роль, а на дуже малих водозборах кожний з перерахованих вище факторів може грати чільну роль у залежності від конкретних умов.

Як поверхневі, так і підземні води формуються за рахунок атмосферних опадів, випадають на поверхню водозборів річок. Кількість опадів, характер їх випадіння, інтервали між черговими дощами неоднакові у різних частинах досліджуваної території, також змінюються й втрати вологи на випаровування з поверхні ґрунту й рослинності, тому у різних частинах території витрачається різна кількість опадів на формування стоку поверхневих і підземних вод[3].

Річки Приазов'я, особливо в їх нижньої течії, розташовані у зоні недостатнього зволоження, де талі води порівняно мало, а дощі випадають рідко. На формування поверхневих вод залишається тільки 21 мм, а на формування підземних - 2 мм, внаслідок чого річки часто й на тривалий час пересихають. Місцеві горизонти підземних вод непостійні, а горизонти глибоких підземних вод малопотужні. Можливі випадки поглинання поверхневих (річних) вод алювіальних відкладами, а потім їх надходження у підземні водоносні горизонти. Найчастіше деякі річки півдня пересихають саме на ділянках поглинання поверхневих вод [4].

Таким чином, у різних частинах досліджуваної території на формування підземних вод витрачається різна кількість вологи, що у свою чергу відображається на умовах формування меженного стоку річок.

На формування меженного стоку річок у великій ступені впливає господарська діяльність людини, сприяє збільшенню та зменшенню стоку або ж його перерозподілу. Найбільші спотворення природного стоку мають місто на річках Донбасу унаслідок скидання шахтних вод й промислових стоків, забору води на зрошення й інші нужди.

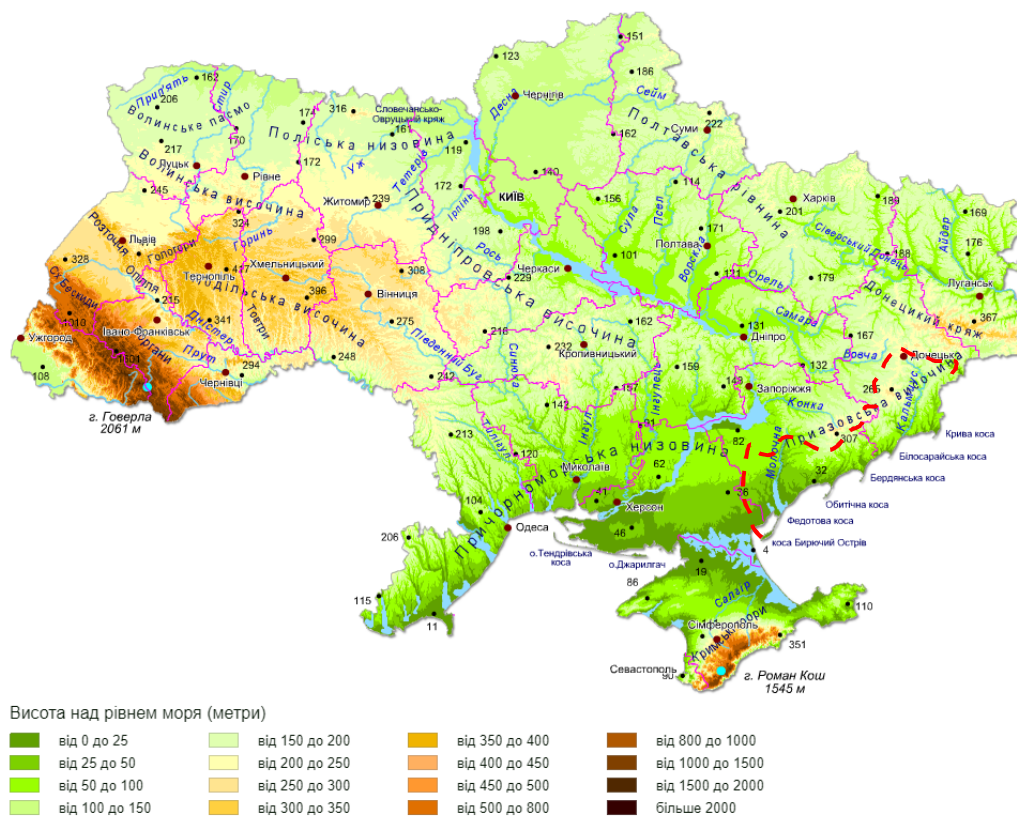
Найбільш істотно шахтні води спотворюють стік р. Кальміус (у верхів'ях) й р. Грузська, де вони складають відповідно 42 і 27% побутового стоку цих річок. Шахтні води у басейні Кринки й Вільхової складають відповідно 14 і 12% побутового стоку. Слід зазначити, що впливає скидання шахтних вод простежуються поусійдовжині річок Кальміус і Кринка. Скидання шахтних вод у річці Міус значно менше, складаючи у середньому 10% норми побутового стоку; участь шахтних вод в меженному стоці, мабуть, кілька більше.

Значно спотворює режим стоку річок забір води на зрошення; 76% усіх зрошених земель поливаються водами річок, 11% - водами ставків, інші землі зрошуються шахтними й артезіанськими водами (13%). Витрата води на зрошення складає від 0,3 до 8,6% норми побутового стоку річок.

Загальний вплив шахтних, промислових й побутових вод складає (у процентах від побутового стоку) для р. Кальміус 89%, рр. Кринка й Грузська по 8-20%, для річок Приазов'я у нижній течії 0-4% [5].

### 1.1 Географічне положення, рельєф

Досліджувана територія басейнів річок Приазов'я розташована на півдні Запорізької області між вододілами рр. Берда і Кальміус на сході та рр. Дніпро і Молочна на заході. Північна межа збігається з вододілом Чорного та Азовського морів, а на півдні територія омивається водами Азовського моря. Географічна область знаходиться на південному сході України та включає в себе: південну частину Донецької, Запорізької, східну частину Херсонської областей та північне узбережжя Азовського моря. Річки Приазов'я стікають з південних схилів Приазовської височини (рис. 1.1).



- межі басейну річок Приазов'я

Рисунок 1.1 – Фізико-географічна карта України

[<http://geomap.land.kiev.ua/>]

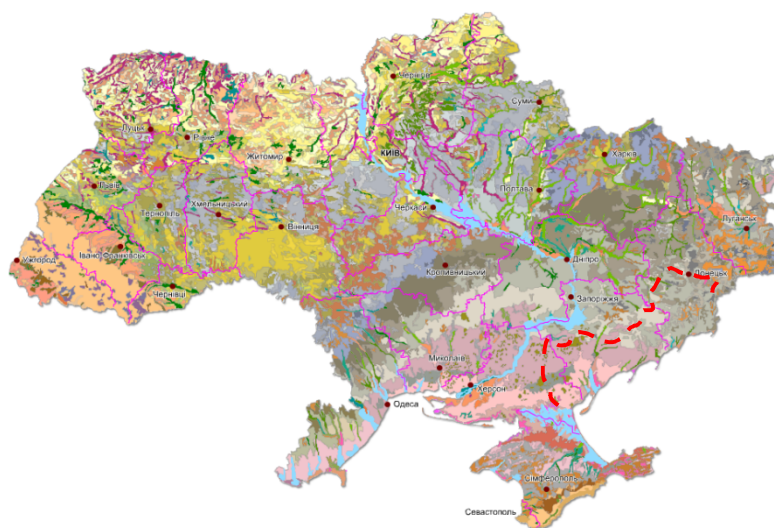
Приазов'я – крайня південна і південно-східна частина Українського кристалічного щита, що переходить у Причорноморську западину і обмежена розломами. Територія розташована на північний захід від Азовського моря у межах Південного і Посушливого Степу помірних широт північної півкулі [4]. Простягається з півночі на південь на 148 км, а з заходу на схід – 200 км. Площа території 11173 км<sup>2</sup>.

Згідно схеми геоморфологічного районування у межах басейну річок Приазов'я виділяються Приазовська височина та Причорноморська низовина, до складу яких входять геоморфологічні райони: Західно-Донецька схилово-височинна область, Приазовська вододільна структурно-денудаційна височина, Приазовська похила розчленована акумулятивно-денудаційна рівнина, Приазовська акумулятивна низовинна рівнина, Причорноморська акумулятивна лесова рівнина [2]. Ці акумулятивні рівнини і причленовані до них південні схили

Приазовської височини перекриті практично суцільним чохлам субаеральних лесових порід і субаквальних відкладів.

## 1.2 Характеристика підстилаючої поверхні

*Ґрунтовий покрив* в межах досліджуваного району неоднорідний. Північно-східна частина району зайнята потужними звичайними мало гумусними чорноземами. За ними в напрямку на захід і південний захід уздовж узбережжя Азовського моря поширені чорноземи південні, які потім переходять у зону каштанових і капітанових ґрунтів. Потужність чорноземах становить 80-100 см. Вміст гумусу в них 4-5,5 %. Початок залягання білоглазки на глибині 80-100 см. Поряд з білоглазкою розвинені інші форми карбонатних виділень, особливо таких як псевдомицелій і цвіль. За механічним складом чорноземи тяжкосугліністі і легкосугліністі (рис. 1.2).



— межі басейну річок Приазов'я

Умовні позначки див. за посиланням <http://geomap.land.kiev.ua/>

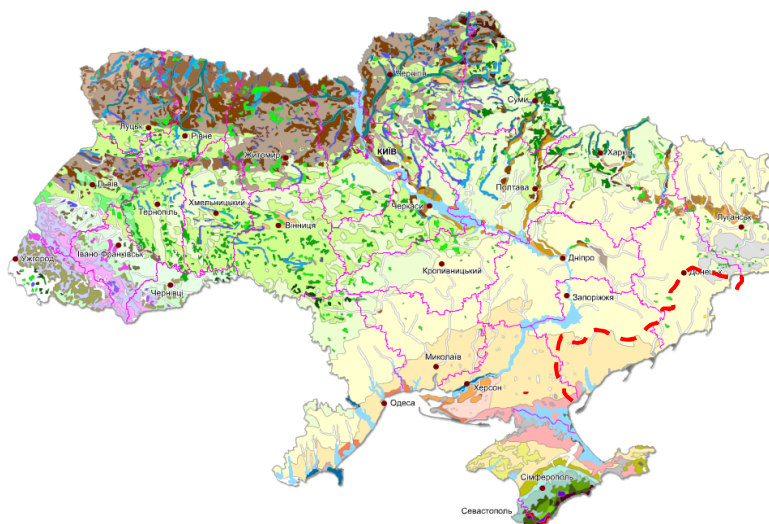
Рисунок 1.2 – Ґрунти України [<http://geomap.land.kiev.ua/>]

Для зони темно-каштанових ґрунтів характерний більш вирівняний рельєф, в основному це вельми слабо дренованих рівнинах. Ґрунтовий покрив досить

однорідний і простий. У зоні темно-каштанових ґрунтів дуже часто спостерігається вітрова ерозія ґрунтів, яка обумовлює на вітроударних схилах (переважно північно-східних), у цих районах часті курні бурі [2]-[4].

Каштанові ґрунти невеликими масивами з'являються на північному сході від Молочного лиману, де вони покривають древньоевксінську морську і лесову терасу в пониззі річки Молочна. Профіль каштанових ґрунтів побудований за солонцевим типом. Він розчленовується на гумусо-елювіальний і гумусо-іллювіальний горизонти. Загальна потужність гумусированого профілю 25-35 см. За механічним складом каштанові ґрунти тяжкосуглиністі.

*Рослинність.* Територія Приазов'я розташована у степовій зоні. Тут панують злаки, які складають 80-85% загального покриття. Основу злакового покриття складають типчак, ковила Лессінга, ковила волосиста, келерія. Головну масу становить так зване південне різнотрав'я: горицвіт волзький, шавлій пониклий і степовий, катран, чебрець Маршалла, подорожник (рис. 1.3).



— — - межі басейну річок Приазов'я

Умовні позначки див. за посиланням <http://geomap.land.kiev.ua/>

Рисунок 1.3 – Рослинність України [<http://geomap.land.kiev.ua/>]

На степових схилах внаслідок інтенсивного випасу худоби дернина знищується і інтенсифікуються процеси ерозії як вітрової так і водної. Для цього

округу характерним є відсутність природних лісів, зустрічаються зарості чагарників, переважно терну, крушини, шипшин, карагани і мигдалю низького. Русла річок іноді зайняті заростями очерету[4].

*Карст.* Типові карстові ландшафти поширені в басейні Приазов'я вкрай рідко, насамперед через відносно малі розміри площ виходів добре карстуючих вапняків карбону і неогену, кам'яної солі і гіпсоангідритів. Широкий розвиток піщано-глинистих утворень, що перекривають карстові породи, не сприяють швидкому поглинанню поверхневого стоку на всій площі закарстованих водозборів (рис. 1.4).

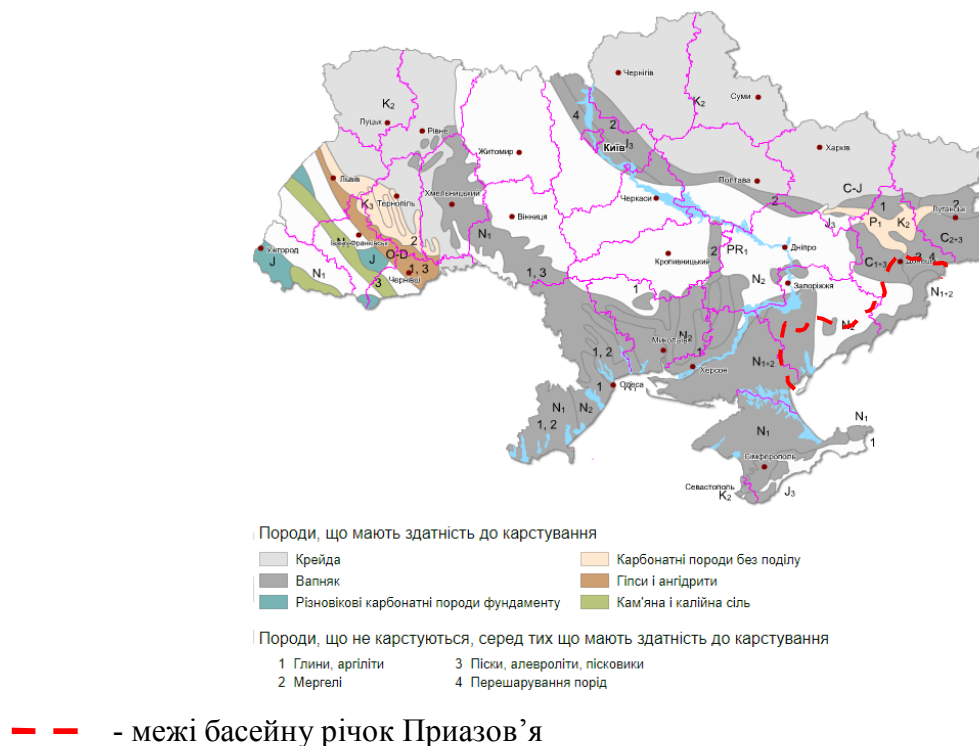


Рисунок 1.4 – Карст [<http://geomap.land.kiev.ua/>]

Кліматичні чинники карстоутворення на розглянутій території досить одноманітні. Тривалість безморозного періоду до 6-7 місяців і порівняльна стійкість снігового покриву впродовж 1,5-4 місяців показують що процеси фізичного вивітрювання карсту порід відбуваються досить інтенсивно. Проте вони не можуть викликати помітне збільшення мережі тріщин глибше 1,5 м

протягом року. Карстові осадкові форми пов'язані зі штучним вилуговуванням соляних пластів і не приурочені до долининної мережі. Під впливом атмосферних опадів піддаються подальшим деформаціям. Вони носять характер опливінно-зсувного переміщення нестійких мас на схилах.

Глибина розчленування рельєфу поверхні басейну дуже нерівномірна і характеризується максимальними величинами 250 м. Тому розтин карсту порід гідрографічної та ерозійної мережі і посилення втрат стоку знаходяться в прямій залежності від розчленування. В умовах тривалого континентального розвитку вапняки і доломіт району піддавалися вибірковому закарстовуванню в процесі формування ерозійного рельєфу.

Активації карстових процесів сприяють розробки родовищ вапняків, що підсилюють водообмін між річкою і гірськими виробками [2].

### 1.3 Кліматичні умови

*Радіаційний режим.* Мінімальні значення радіаційного балансу спостерігаються у зимові місяці. У грудні по всій території басейну радіаційний баланс негативний, його величина зростає від  $-0,4$  ккал/см<sup>2</sup> на місяць на півночі до  $-0,2$  ккал/см<sup>2</sup> на місяць на півдні. А у січні в північних районах величина радіаційного балансу зменшується, до  $-0,5$  ккал/см<sup>2</sup> на місяць, а на півдні через нестійкий сніговий покрив – збільшується до  $0,1 - 0,2$  ккал/см<sup>2</sup> на місяць.

Навесні місячні величини радіаційного балансу різко зростають, це зумовлено через збільшення висоти сонця, тривалістю дня і сходу снігового покриву. У березні середні місячні значення зростають до  $1,6 - 3,1$  ккал/см<sup>2</sup> в північній частині басейну і до  $3,0 - 3,8$  ккал/см<sup>2</sup> в південній. У наступні весняні місяці радіаційний баланс зростає та досягає у травні значень  $6,9 - 8,6$  ккал/см<sup>2</sup>. Зростання балансу з півночі на південь спостерігається у всі місяці. В окремих пунктах мають місце відхилення, що зумовлено місцевими особливостями.

Розподіл радіаційного балансу в осінні місяці близький до широтного, ці місяці характеризуються рівномірними зростаннями місячних сум балансу із



півночі на південь. Річні величини радіаційного балансу в межах від 41,5 ккал/см<sup>2</sup> на півночі до 52,7 ккал/см<sup>2</sup> на півдні.

*Вологість повітря.* Абсолютна вологість зростає з півночі на південь, що відповідає розподілу температури повітря і опадів. Найбільша відносна вологість і найнижчі значення абсолютної вологості спостерігаються у холодний період року. Взимку абсолютна вологість узбережжя Азовського моря становить 4,3 – 5,6 мб. Відносна вологість перевищує 80 %, недолік насичення менше 1 мб.

*Температура повітря.* Клімат Північного Приазов'я помірно-континентальний, з тривалим сухим, жарким та з великою кількістю сонячних днів літом, і короткою, малосніжною, м'якою, з частими відлигами зимою. Середньорічна температура повітря змінюється від 7,0-8,0 °С до 11,0-12,0 °С, у середньому за багаторічний період вона становить 9,8 °С.

Мінімальні температури спостерігаються у центральній частині району. Абсолютні мінімуми досягають -38,0 °С, - 42,0°С. на північ від цього району абсолютні мінімуми підвищуються до -36,0 °С, - 37,0°С, на південь до -30,0 °С, - 35,0 °С. Найінтенсивніший ріст температури відбувається від березня до квітня.

Головним чином температурний режим формується за рахунок прогріву повітря в розмитих областях підвищеного і зниженого тиску, тому він більш стійкий в порівнянні з холодним періодом. Найхолодніший місяць року – січень. Середньомісячні температури на півночі району у січні до -3,0 °С, -4,0 °С [4].

*Опади.* Атмосферні опади відіграють істотну роль у гідрологічному режимі, в процесі формування стоку річок (рис. 1.5).

Середня багаторічна сума опадів за рік на Приазовський височині змінюється від 550-600 мм у північно-східній частині до 400-450 мм – у південно-західній частині (рис. 1.5а).

Приазов'я характеризується максимумом у червні та липні: 250-400 мм (рис.1.5б). Чіткого мінімуму не спостерігається (рис. 1.5в). Річна амплітуда порядку 25 мм. Тривалість рясних дощів коливається від 1 години до 1 доби.

Основне живлення річок Приазов'я за рахунок весняного сніготанення. По

території Азовського моря сніговий покрив розподіляється нерівномірно. Кількість днів з відлигами на півночі території досягає за зиму 25-30. Висота снігового покриву в басейні невелика, оскільки сніг при відлизі осідає і ущільнюється.

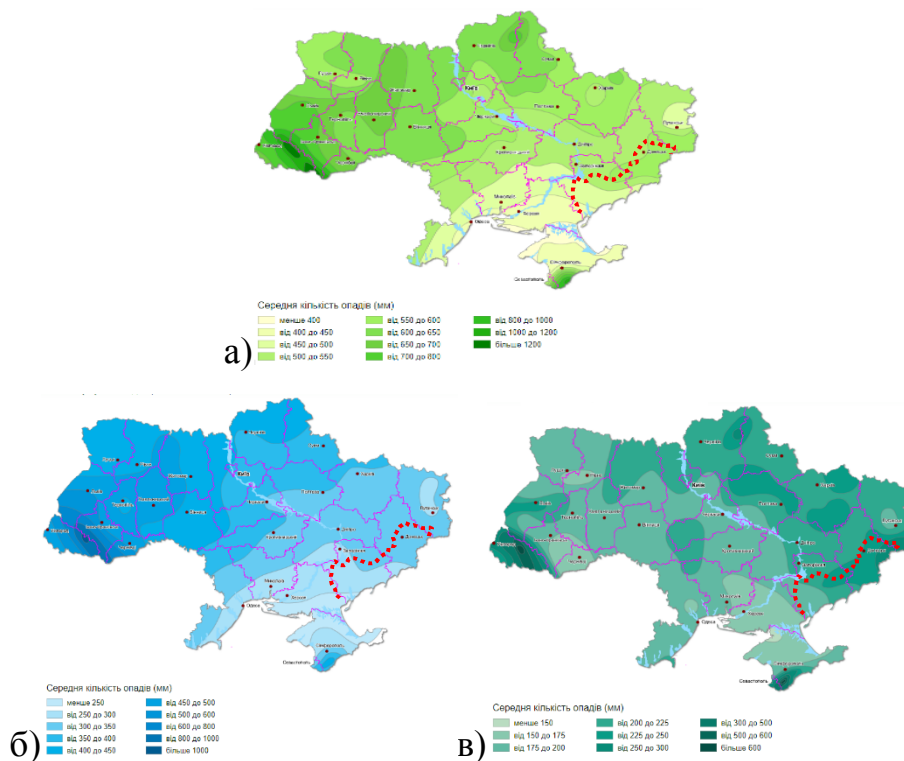


Рисунок 1.5 – Опади за рік (а), за теплий (б) та холодний (в) періоди

<http://geomap.land.kiev.ua/>

Середня з максимальних висот снігового покриву на півночі території складає більше 25 см, в середній частині 25-30 днів. Інтенсивність сніготанення у теплу весну становить 15-20 мм за добу, а в холодну затяжну весну всього 2-5 мм за добу [2].

*Вітер.* Переважають вітри східних і північно-східних румбів, повторюваність яких 40-50%. Поява льоду у Північному Приазов'ї відбувається пізніше, ніж на інших узбережжях Азовського моря та приходиться на початок січня. Льодовий покрив тримається до середини березня. Кількість сонячних днів на рік складає у середньому 179 днів [2].

Вітровий режим описуваного району формується під впливом

циркуляційних процесів і особливостей рельєфу. Над Чорним і Азовським морями більшу частину року стаціонує малорухлива область низького тиску. Виникають хуртовини і поземки. Кількість днів з хуртовинами: 32-34 на півночі до 3-6 на півдні. Протягом року на 86% розглянутої території найбільш часто спостерігається вітер східного напрямку з відхиленнями на південний схід або на північний схід [2].

Найбільші значення середніх місячних швидкостей вітру по всьому району спостерігаються у січні – березні, на різних станціях вони коливаються від 3,4 до 7,4 м/сек. У цей час відзначаються і мінімальні числа штилів. Найменші середньомісячні швидкості вітру 2,1-4,2 м/сек. Найбільшу повторюваність (45-61%) мають швидкості вітру від 2 до 5 м/сек. Які найбільш характерні для літніх місяців [2].

#### 1.4 Гідрологічна вивченість

Гідрографічну мережу північно-західного узбережжя складають середні і малі річки з їх притоками, частина акваторії Азовського моря, солоні і прісні озера та лимани морського узбережжя. На території Приазов'я налічується 14 річок, які відносяться до басейну Азовського моря. Їх загальна довжина 944,1 км, площа водозабору – 10613 км<sup>2</sup> [2]. Ці річки мають 30 приток довжиною понад 10 км I і II порядків сумарною довжиною 831 км; 423 притоки довжиною менше 10 км, а також систему балок і розділів. Усі річки басейну Азовського моря відносяться до малих річок, крім р. Молочна, яка відноситься за класифікацією до середніх, є найдовшою річкою території, складається з трьох частин – рр. Токмак, Токмачка і Молочна; від витoku до гирла її довжина складає 197 км (рис. 1.6).

Територіально річкову мережу Приазов'я можна поділити на дві частини: західну і східну. Вони відрізняються одна від одної будовою поверхні, кліматичними умовами і характером режиму. Так, річки західної частини території мають рівну течію, русла їх часто меандрують, долини мають широку заплаву. Річки східної частини території беруть початок на Приазовській

височини, у верхів'ях мають напівгірський характер, їх русла сильно врізані, неширокі, обмежені крутими схилами долини, береги яких рясніють ярами і балками. Нижче за течією долини цих річок стають ширшими, берегові схили пологими, течія повільна, утворюються меандри і стариці, заплави заболочуються. У верхів'ях ці річки мають швидку течію і розвивають інтенсивну ерозійну діяльність.



Рисунок 1.6 – Річкова мережа Приазов'я

[\[http://river.land.kiev.ua/sea-azov.html\]](http://river.land.kiev.ua/sea-azov.html)

У зв'язку з цим різко відрізняється густина річок західної частини від східної. На заході вона не перевищує  $0,19 \text{ км/км}^2$ , а на сході досягає  $0,36 \text{ км/км}^2$ . За середньою довжиною річки західного басейну (р. Молочна 197 км) довші за річки східного басейну (р. Обитічна 100 км). Найбільшою річкою, яка протікає в західній частині регіону є р. Молочна, а в східній частині – рр. Обитічна і Берда [2]. Основним джерелом живлення річок Північно-Західного Приазов'я є атмосферні опади. Збільшення кількості опадів із заходу на схід можна пояснити впливом рельєфу – на схід абсолютні висоти зростають. Найменша кількість опадів характерна для басейнів рр. Великий і Малий Утлюк, далі на схід кількість

опадів збільшується і на Приазовській височині вони можуть в окремі роки досягати 550 мм. Значну роль в живленні річок відіграють талі весняні води і підземний стік, особливо у межах Приазовської височини та її схилів. Характер водного режиму річок визначається особливостями повені та її тривалістю. В річному ході рівня води на річках басейну Азовського моря зазвичай виділяють два максимуми (в період весняної повені і в період літніх паводків) і два мінімуми (в кінці літа і початку осені і взимку). У весняний період (лютий – квітень) відбувається 45-60% річного стоку [2]; інтенсивний підйом рівня весняної повені починається з другої декади лютого; спад води на річках закінчується в другій половині березня – початку квітня. Меженний стік (травень, січень) складає 40-45% річного; період літньо-осінньої межени перекривається дощовими паводками, які характерні для всіх річок Північно-Західного Приазов'я. Річні величини шару стоку річок змінюються із заходу від 0,4-6,7 мм (для р. Молочна) на схід до 11-15 мм (рр. Лозуватка і Берда).

На території басейнів річок Приазов'я спостереження за мінімальним стоком у різні роки проводились по 16 гідрологічних постах. Карта-схема розташування гідрологічних постів басейна річок Приазов'я представлена в (рис. 1.7)

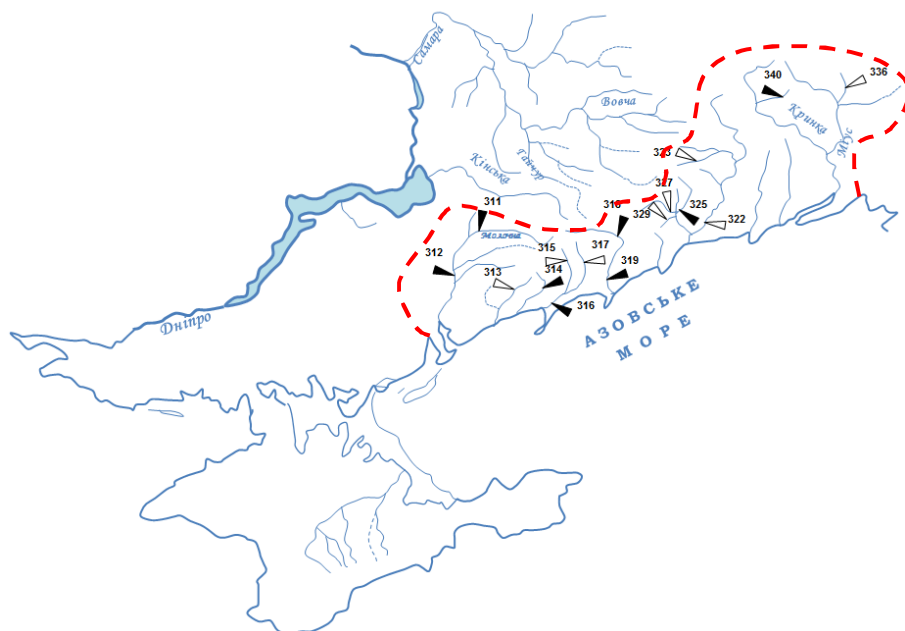


Рисунок 1.7 – Карта-схема розташування гідрологічних постів на території Приазов'я

Найбільший період спостережень з 1916 по 2015 рр. на р. Берда – с. Осипенко. Розділ постів за тривалістю періоду спостережень представлені в (табл. 1.1), розділ постів за площею водозбору – (табл. 1.2). Найбільша площа водозбору – 3700 км<sup>2</sup> на р. Кальміус - смт Приморське, а найменша – 63 км<sup>2</sup> наб.Полкова - с. Кременівка.

Таблиця 1.1- Розподіл часових рядів спостереження за тривалістюна річках Приазов'я

Кількість років спостережень	<20	21-40	41-50	>50	Всього
Кількість постів	2	5	1	8	16

Таблиця 1.2 – Розподіл водозборів за площеюна річках Приазов'я

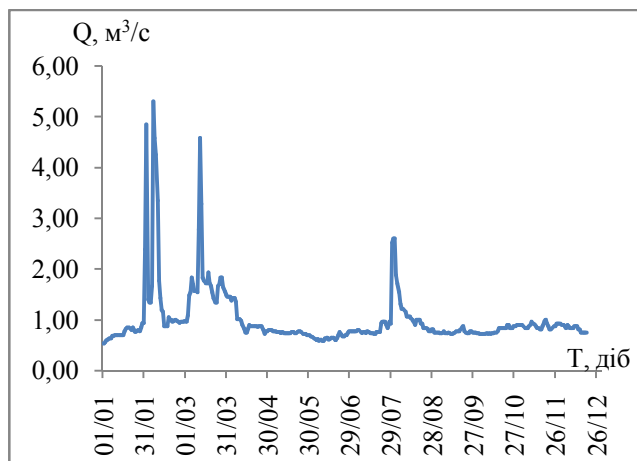
Площа, км <sup>2</sup>	<200	200-500	500-1000	>1000	Всього
Кількість постів	4	6	2	4	16

Основні гідрографічні характеристики водозбору річок Приазов'я наведені у дод. А, табл. А.1. Середня висота по постам коливається від 90 м (р.Лозуватка - с.Новоолексіївка) до 240 м (р. Вільхова - смтОлексієво-Орловка). Заболоченість та лісистість майже відсутня по водозборах. А розпаханість по водозборах коливається від 60% (р. Кріпенька - х.Чугуно-Крепинка) до 80%.

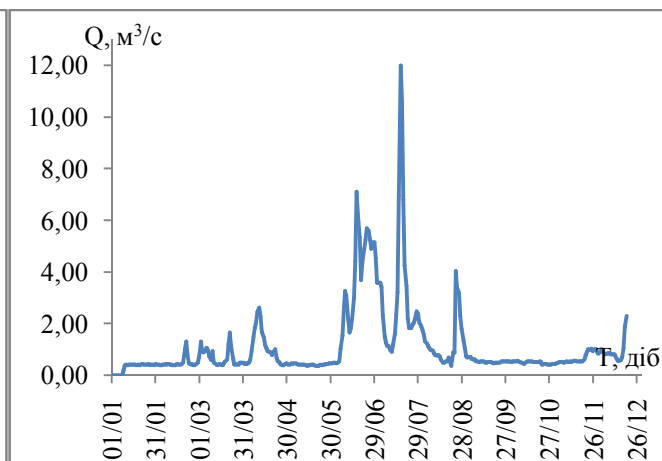
#### 1.5 Маловодні періоди та їх тривалість на річках Приазов'я

Для річок досліджуваної території характерна літньо-осіння межень, порушується окремими підйомами, викликаними дощовими паводками, й деяким підвищенням стоку у передзимовий період, а також зимова межень, переривалася у окремі роки підйомами рівня за рахунок танення снігу під час відлиг, як можемо бачити на рис. 1.8.На прикладі р. Молочна - с. Токмак, 2003р. спостерігається зимова межень, яка перервалася значними паводками, викликаними таненням снігу, а після наприкінці весни та влітку спостерігалась межень. На початку осені був різкий скачок, що зумовлений випаданням дощів, а після чого межень.

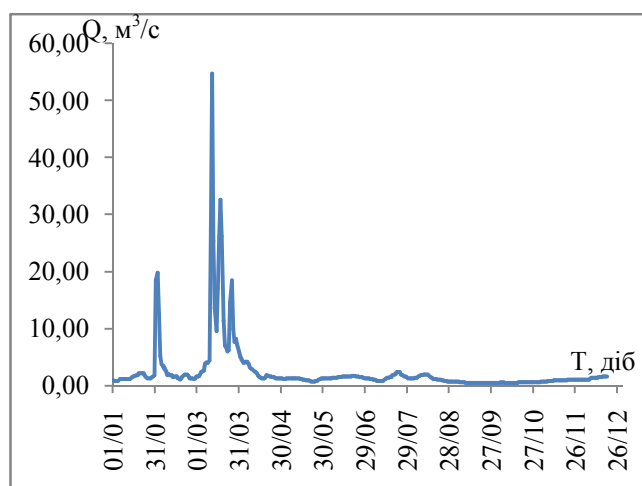
р.Молочна - с.Токмак, 2003 р.



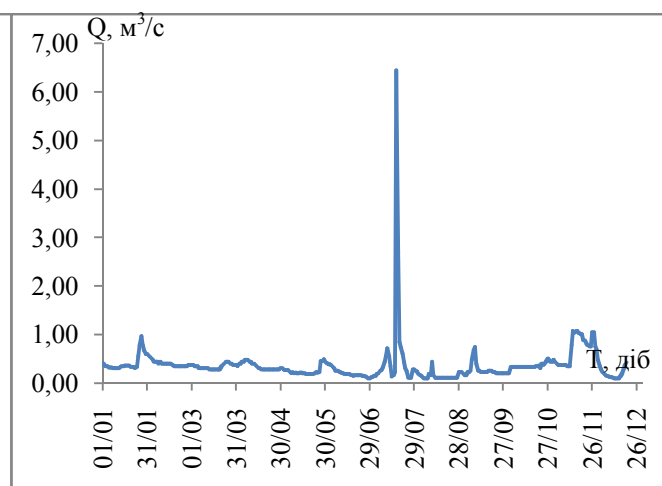
р.Берда – с.Осипенко, 1997 р.



р.Берда – с.Осипенко, 2003 р.



р.Лозуватка - с.Новоолексіївка, 2002р.



р.Мокра Волноваха - с.Миколаївка, 1996р.

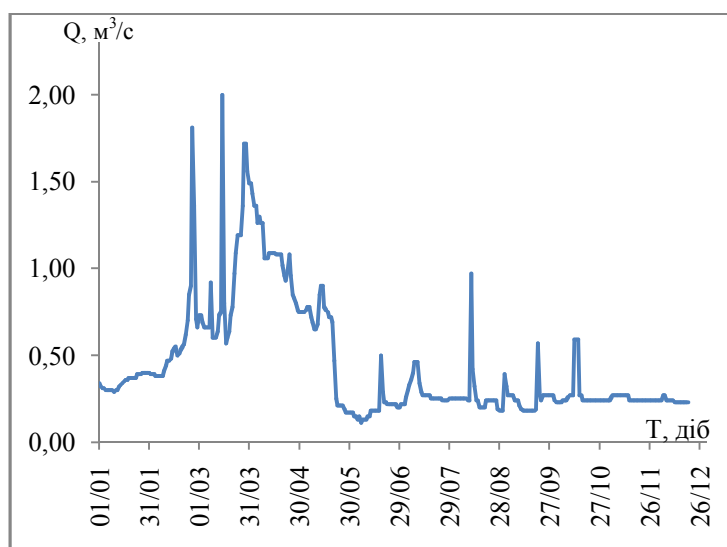


Рисунок 1.8– Хронологічні графіки витрат води на річках Приазов'я

Проаналізувавши хронологічні графіки стоку річок Приазов'я можемо відмітити, що паводки спостерігаються протягом холодного періоду року, влітку та восени багато річок пересихають.

На річках Приазов'я початок літньо-осінньої межені (у верхів'ях Молочної та Берди) зазначено у травні, південніше – у червні, а у межах низовини – у квітні. Тривалість літньої межені коливається від 140 до 200 днів, а найбільш маловодний період – від 30 до 50 днів. Кінець літньої межені відноситься до середини листопада.

На річках Кальміус і Міус початок літньо-осінньої межені зсувається на літо аж до серпня за рахунок скидання шахтних та промислових вод. Тривалість періоду межені також коливається у значних межах (від 75 до 192 днів), а тривалість найбільш маловодного періоду – від 15 до 32 днів. Закінчення літньо-осінньої межені на річках цієї частини території відноситься до кінця листопада – початку грудня. На річках Приазов'я (у районі Донбасу) початок зимової межені відзначається у листопаді, а іноді й у першій декаді січня, що обумовлюється порушенням природного режиму річок. На річках, які протікають в межах Українського кристалічного щиту початок зимової межені відноситься до грудня.

На річках Приазов'я тривалість зимової межені коливається від 20 до 50 днів у районі Донецького кряжу і від 35 до 50 днів у межах Українського кристалічного щиту[3].

З викладеного слід, що найбільш тривалі періоди літньої межені характерні для річок південної частини досліджуваної території; у північній частині межень встановлюється пізніше та є менш тривалою. Більша різноманітність у часі початок і закінчення межених періодів, а також в їх тривалості спостерігаються на річках, протікають у найбільш розвинутих промислових районах Донбасу, де режим річок спотворюється скидами шахтних та промислових вод.



## 2ОЦІНКА СТАТИСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МЕЖЕННОГО СТОКУ НА РІЧКАХ ПРИАЗОВ'Я

Для оцінки меженного стоку слід визначити наступні характеристики: нормата мінливість мінімального стоку окремо за період зимової та літньо-осінньоїмежені.

Норма мінімального стоку є одним з основних параметрів при визначенні мінімальних витрат розрахункової забезпеченості. При цьому вважається, що, чим довше ряд, тим точніше буде визначена норма стоку. На практиці розрахунків доводиться оперувати рядами різної тривалості. Тому виникає питання про мінімальну довжину ряду, при якій забезпечується прийнята точність середньої величини, близької або рівної норми.Залежно від наявності інформації про режим стоку річки норма річного стоку обчислюється:

а) за даним безпосередніх спостережень над стоком річки за достатньо тривалий період, що дозволяє визначити величин норми річного стоку із заданою точністю;

б) шляхом приведення середньої величини стоку, отриманої за короткий період спостережень, до багаторічної норми при довгому ряду річки-аналога;

в) при повній відсутності спостережень – на підставі характеристик середнього річного стоку, отриманих в результаті узагальнення спостережень на інших річках даного району [6].

При визначенні мінімального стоку короткими вважаються всі ряди, які не задовольняють принцип репрезентативності та точності ( $\pm 15\%$ ).

Установлено, що значення норми стоку, найбільш близьке до середньобагаторічного значення, може бути отримано як середнє арифметичне з ряду, який містить найбільше число повних багатоводних й маловодних фаз, протягом яких взаємно компенсуються відхилення стоку від середньої величини за період. Іноді може трапитися, що більш короткий ряд, але що складається з повного циклу або ряду повних циклів, дає більш близьку до норми середньобагаторічну величину, ніж за більш тривалий період, але включаючи, крім указаних вище циклів, ще багатоводну або маловодну фазу [7].

Норма мінімального стоку, як будь-яка арифметична величина статистичного ряду, може бути визначена за формулою

$$Q_N = \frac{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_{N-1} + Q_N}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N Q_i}{N}, \quad (2.1)$$

де  $Q_N$  – норма мінімального стоку, м<sup>3</sup>/с;

$Q_1 + Q_2 + \dots + Q_{N-1} + Q_N$  – мінімальні значення стоку за довгостроковий період ( $N$  років), при якому подальше подовження ряду спостережень не змінює середню арифметичну величину  $Q_N$  [7].

Внаслідок недостатньої довжини фактичних рядів спостережень за річковим стоком (як правило не перевищує 60-80 років, складаючи в основному 20-40 років) норма стоку, отримана по формулі (2.1), відрізняється від дійсного середнього значення  $Q_N$ , при  $N \rightarrow \infty$  на деяку величину  $\sigma_{Q_n}$ , тобто  $Q_N = Q_{0_n} \pm \sigma_{Q_n}$ .

Для порівняння точності визначення норми стоку річок різної водності користуються відносним значенням середньої квадратичної похибки. Так виражається  $\sigma_{Q_n}$  у відсотках  $Q_{0_n}$ , отримаємо відносну середню квадратичну похибку норми стоку, розрахованої по обмеженому ряду  $n$  років

$$\sigma_{Q_n} = \frac{100 C_v}{\sqrt{n}}, \quad (2.2)$$

де  $C_v = \sigma_Q / Q_{0_n}$  – коефіцієнт варіації ряду річних значень стоку за  $n$  років.

Коефіцієнт варіації  $C_v$  характеризує коливання значень мінімального стоку відносно їх середньої величини та визначається безпосередньо по даному ряду спостережень [7].

## 2.1 Однорідність, циклічність і тренди у часових рядах мінімального стоку на річках Приазов'я

*Однорідність.* 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 [8].

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 вибірок (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 [9].

В табл. 2.1 представлено результати дослідження часових рядів на однорідність за загальним висновком по трьом критеріям Ст'юдента, Фішера і Вількоксона на річках Приазов'я за літньо-осінній та зимовий періоди.

Таблиця 2.1 – Результати перевірки часових рядів меженого стоку на річках Приазов'я за загальним висновком по трьох критеріях

№ за/п	Річка - пост	n, років	Зимовий період		Літньо-осінній період	
			1%	5%	1%	5%
1	Кріпенька - х.Чугуно-Крепинка	25	однорідний	однорідний	<b>не однорідний</b>	<b>не однорідний</b>
2	Вільхова - смт Олексієво-Орловка	66	однорідний	однорідний	<b>не однорідний</b>	<b>не однорідний</b>
3	Мокра Волноваха - с.Миколаївка	66	однорідний	однорідний	однорідний	однорідний
4	Кальміус - смт Приморське (Сартана)	33	<b>не однорідний</b>	<b>не однорідний</b>	<b>не однорідний</b>	<b>не однорідний</b>
5	б.Полкова - с. Кременівка	17	однорідний	однорідний	однорідний	однорідний
6	Кальчик - с. Кременівка	58	однорідний	однорідний	однорідний	однорідний
7	Калець - х.Перемога	16	однорідний	однорідний	однорідний	однорідний
8	Берда - с.Захарівка	53	однорідний	однорідний	однорідний	однорідний
9	Берда – с.Осипенко	83	однорідний	однорідний	однорідний	однорідний
10	Кільтиччя - с.Новотроїцьке	38	однорідний	однорідний	однорідний	однорідний
11	Обитічна - с. Шевченко	34	однорідний	однорідний	однорідний	<b>не однорідний</b>
12	Обитічна - м. Приморськ	67	однорідний	однорідний	однорідний	однорідний
13	Лозуватка - с.Новоолексіївка	62	однорідний	однорідний	однорідний	однорідний
14	Корсак - с.Аннівка	15	однорідний	однорідний	<b>не однорідний</b>	<b>не однорідний</b>
15	Молочна - с.Токмак	31	однорідний	однорідний	<b>не однорідний</b>	<b>не однорідний</b>
16	Молочна - с.Терпіння	48	однорідний	однорідний	однорідний	<b>не однорідний</b>

За загальним висновком (табл. 2.2) за критеріями Фішера, Стьюдента та Уїлкоксона за літньо-осінній період 5 постівнеоднорідні при 1% та 7 постів – при 5% рівні значущості. При цьому у зимовий період лише 1 часовий ряд спостереження не однорідний як при 1 %, так і при 5 % рівні значимості.

Таблиця 2.2 – Узагальнені результати перевірки на однорідність рядів меженного стоку за літньо-осінній та зимовий період на річках Приазов'я

Критерій	Літньо-осінній період				Зимовий період			
	Однорідний		Неоднорідний		Однорідний		Неоднорідний	
Рівень значущості, %	1%	5%	1%	5%	1%	5%	1%	5%
Загальний висновок	11 (68%)	9 (56%)	5 (32%)	7 (44%)	15 (94%)	15 (94%)	1 (6%)	1 (6%)

*Циклічність.* При побудові різницевої інтегральної кривої грає роль хронологічна послідовність членів ряду, тому бажано вибирати ряди з неперервними спостереженнями. Якщо існує розрив в спостереженнях, то крива складається із декількох частин, якщо розрив менше трьох років, то пропущенні роки можна з'єднати пунктиром[10].

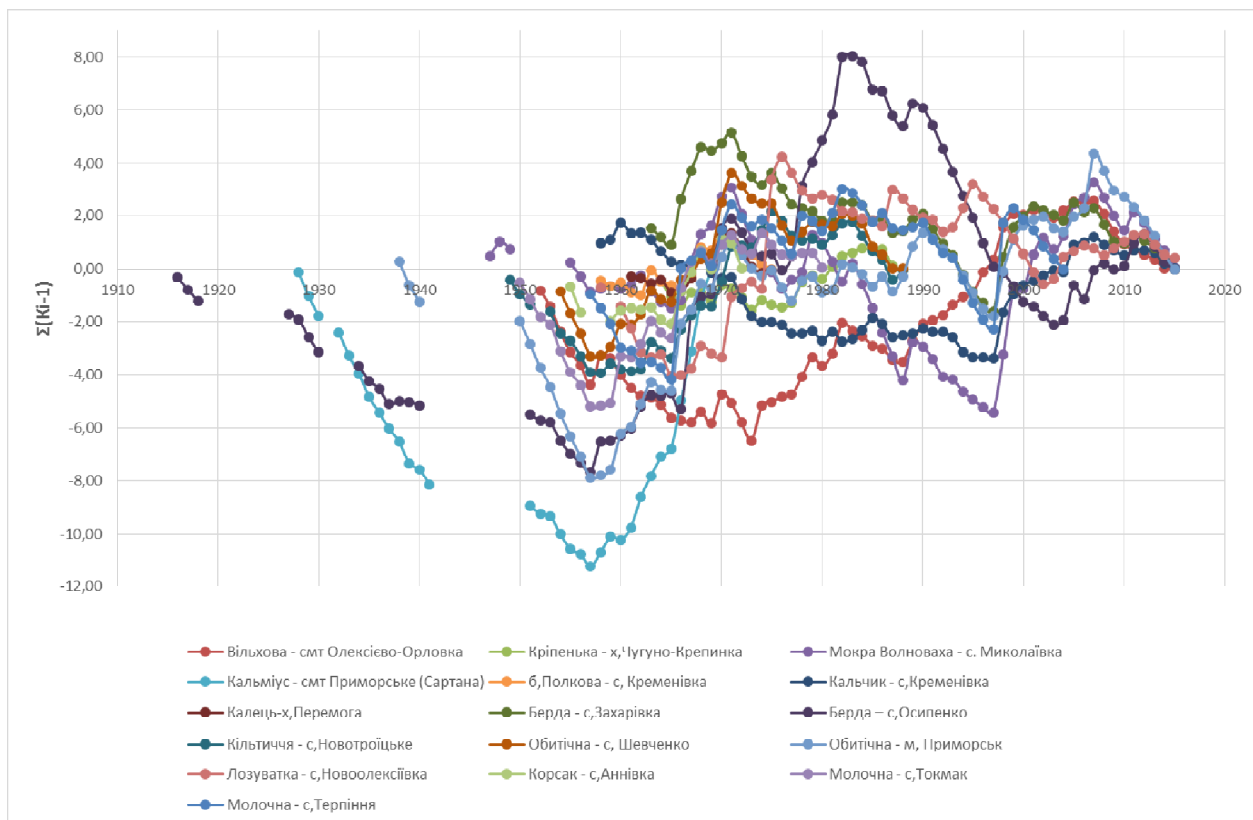
Аналізуючи побудовані різницево-інтегральні криві (рис. 2.1), слід відмітити, що всі ряди спостережень зв'язані між собою циклічними коливаннями. Це виражається синхронними маловодними та багатоводними фазами стоку. Проте можна відмітити асинхронність деяких рядів як і для періоду літньо-осінньої, так і для зимової межени, оскільки можемо спостерігати дощові паводки або відлиги на річках Приазов'я.

Багаторічна зміна фаз водності меженного стоку на річках Приазов'я представлена у табл. 2.3.

Проаналізуємо зміну фаз водності на прикладі р. Кріпенька - х. Чугуно-Крепинка. Починаючи з 1973 по 1984 рр. за зимовий та 1976 - 1987 рр. за літньо-осінній періоди спостерігалася багатоводна фаза періоду межени. В період з 1964 по 1973 рр., 1984 - 1988 рр. за зимовий та 1963 - 1976 рр. за літньо-осінній, спостерігалися маловодні фази [11].

В свою чергу для водозборур. Вільхова - смт Олексієво-Орловка спостерігається яскраво виражені на сумісному графіку різницево-інтегральних кривих маловодні фази за зимовий період з 1952 по 1973 рр. та 2007 – 2015 рр. та за літньо-осінній з 1947 по 1975 рр. та 2006 – 2014 рр., а багатоводні фази спостерігалися у 1973 – 2007 роки за зимовий період та 1975 – 2006 роки за літньо-осінній.

а)



б)

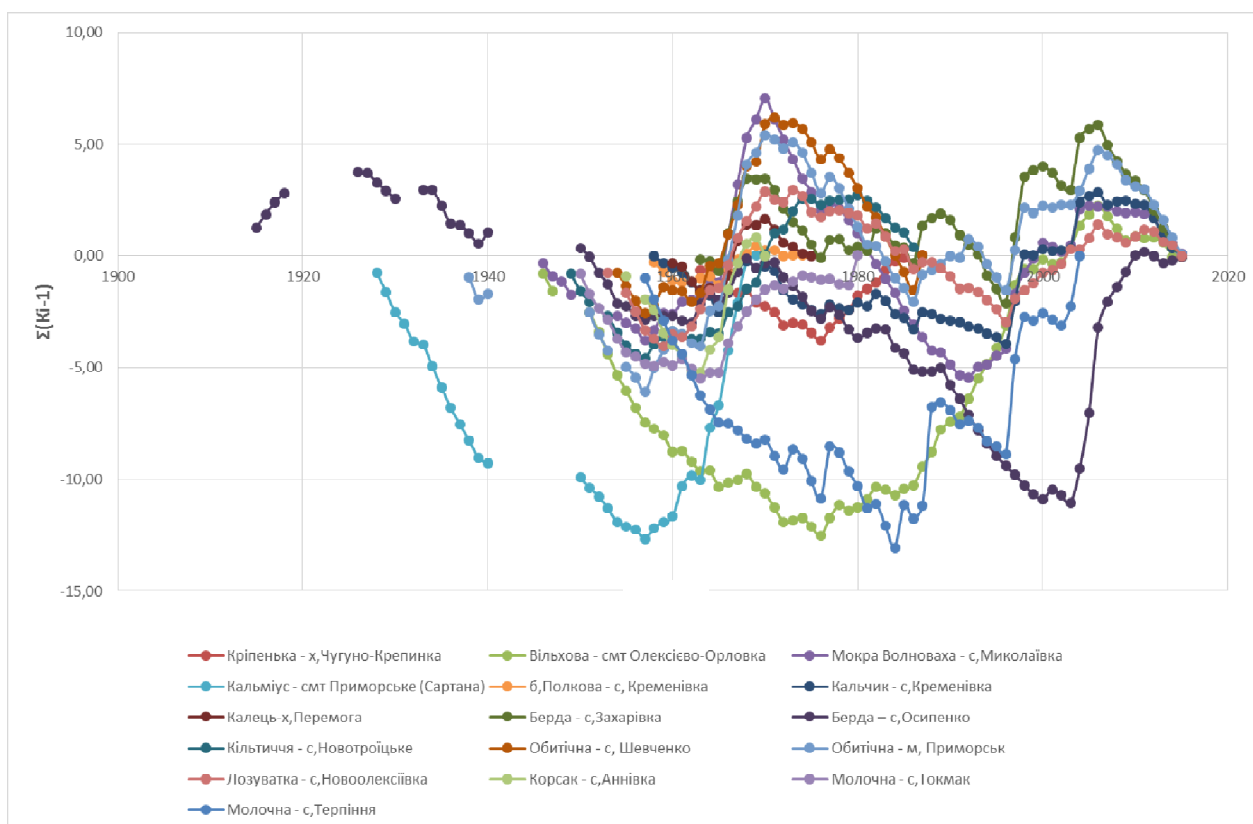


Рисунок – 2.1 – Різницево-інтегральні криві зимового (а) та літньо-осіннього (б) меженного стоку на річках Приазов'я

Таблиця 2.3 – Фази водності меженного стоку на річках Приазов'я

№ за/п	Річка - пост	Літньо-осінній період		Зимовий період	
		Багатоводна фаза	Маловодна фаза	Багатоводна фаза	Маловодна фаза
1	Кріпенька - х. Чугуно-Крепинка	1976 – 1987	1963 - 1976	1973 – 1984	1964 – 1973, 1984 – 1988
2	Вільхова - смт Олексієво-Орловка	1975 – 2006	1947 – 1975, 2006 – 2015	1973 – 2007	1952 – 1973, 2007 – 2015
3	Мокра Волноваха - с. Миколаївка	1957 – 1970, 1991 – 2003	1946 - 1957, 1970 – 1991, 2003 – 2015	1965 – 1971, 1976 – 1980, 1982 – 1984, 1997 – 2006	1946 – 1965, 1971 – 1976, 1980 – 1982, 1984 – 1997, 2006 – 2015
6	Кальчик - с. Кременівка	1996 – 2005	1957 – 1996, 2005 – 2015	1995 – 2007	1957 – 1995, 2007 – 2015
8	Берда - с. Захарівка	1965 - 1996, 1999 – 2007	1996 – 1999, 2007 – 2015	1997 – 2005	1961 – 1997, 2005 – 2015
9	Берда – с. Осипенко	2001 – 2010	1915 – 2001, 2011 – 2015	1955 – 1986, 2006 – 2010	1916 – 1955, 1986 – 2006, 2010 – 2015
11	Обитічна - с. Шевченко	1956 – 1971, 1984 - 1987	1954 – 1956, 1971 - 1984	1957 – 1972	1954 – 1957, 1972 – 1988
12	Обитічна - м. Приморськ	1956 – 1970, 1986 – 1993, 1997 – 2009	1938 – 1956, 1970 – 1986, 1993 – 1997, 2009 – 2015	1955 – 1971, 1977 – 1984, 1998 – 2010	1939 – 1955, 1971 – 1977, 1984 – 1998, 2010 - 2015
13	Лозуватка - с. Новоолексіївка	1958 – 1974, 1996 – 2005	1953 – 1958, 1974 - 1996, 2005 – 2015	1964 – 1975, 2002 – 2011	1956 – 1964, 1975 – 2002, 2011 – 2015
16	Молочна - с. Терпіння	1984 - 2004	1957 - 1984	1965 – 1984, 1997 – 2000	1957 – 1965, 1984 – 1997, 2000 – 2004

Слід також відмітити, що по всій території Приазов'я на річках в період зимової та літньо-осінньої межени спостерігається маловодна фаза, яка розпочалася з 2005-10 років.

За даними Харківського регіонального центру з гідрометеорології (<http://kharkiv.meteo.gov.ua/>) в останні роки (2018-2020pp.) у зимовий період на території досліджуваного регіону водність річок не перевищує 30-60 % місячних норм, а у літньо-осінній період ще менше – 30-50 % від місячних

норм, тоді як у червні-вересні 2018 р. взагалі 7-13 % (нижче критеріїв маловоддя – 20% норми). А у серпні 2020 р. на р. Берда –с. Захарівка впродовж місяця взагалі відмічалася стояча вода (<http://www.sdbuvr.slav.dn.ua/> ).

*Тренди.* За хронологічними графіками (дод. Б, рис. Б.1-Б2) були визначені тренди у часових рядах спостережень за мінімальним стоком по 7 діючих постах.

У період літньо-осінньої межені по 6 з 7 водозборах значимі тренди у стокових рядах відсутні. Проте слід відмітити, що по посту р. Вільхова - смт Олексієво-Орловка відмічається значимий до збільшення тренд, якщо розглядати весь період інструментальних вимірювань, та значимий тренд до зменшення стоку у період літньо-осінньої межені, якщо розглядати період з початку кліматичних змін, згідно досліджень В.В. Гребеня [12].

При цьому у період зимової межені починаючи з початку 90-х років відмічаються виражені тренди по зменшенню стоку по 3 із 7 розглянутих водозборах, невиражені – по 3 водозборах, і лише для р. Берда – с. Осипенко – значимий тренд до збільшення меженного стоку.

## 2.2 Статистичний аналіз характеристик мінімального стоку на річках Приазов'я

Для розрахунку статистичних характеристик меженного стоку за літньо-осінній та зимовий періоди на річках Приазов'я були використані вихідні матеріали по характеристиках мінімального стоку по 16 гідрологічних постах зі стійким льодовим режимом від початку спостережень по 2015 рік, включно, за архівними матеріалами [13-15].

Результати статистичної обробки наведені у табл. 2.4 для літньо-осінньої межені та у табл. 2.5 для зимової межені на річках Приазов'я.

Після уточнення статистичних параметрів по річках аналогах середній модуль мінімального стоку за літньо-осінній період на річках Приазов'я змінюється від 0,030 л/(с·км<sup>2</sup>) (р. Молочна - с. Терпіння,  $F = 2780$  км<sup>2</sup>) до



2,46 л/(с·км<sup>2</sup>) (р. Кріпенька - х.Чугуно-Крепинка,  $F = 224$  км<sup>2</sup>) при діапазоні коливання коефіцієнтів варіації 0,32-1,27 та середньому по території співвідношенні  $C_S/C_V = 2,0$ .

У свою чергу модуль мінімального стоку за зимовий період має вищі значення на розглянутій території і змінюється від 0,291 л/(с·км<sup>2</sup>) (р. Молочна - с.Терпіння,  $F = 2780$  км<sup>2</sup>) до 3,27 л/(с·км<sup>2</sup>) (р. Кріпенька - х.Чугуно-Крепинка,  $F = 224$  км<sup>2</sup>) при значеннях коефіцієнтів варіації 0,39-1,07 та середньому співвідношенні  $C_S/C_V = 2,0$ .

Таблиця 2.4 - Статистичні параметри часових рядів мінімального стоку за період літньо-осінньої межени на річках Приазов'я зі стійким льодоставом

№ з/п	Річка - пост	Площа водозбору, км <sup>2</sup>	n, років	$\bar{q}_{\min}$ , л/(с·км <sup>2</sup> )	Метод моментів				Метод найбіл. правдоподіб.			$\sigma_{Q_n}$ , %
					$C_v$	$C_s$	r(1)	$C_s/C_v$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$	
1	Кріпенька - х.Чугуно-Крепинка	224	25	2,46	0,40	-0,12	0,39	-0,3	0,41	0,03	0,1	8,1
2	Вільхова - смт Олексієво-Орловка	272	66	2,27	0,61	0,38	0,69	0,6	0,61	0,41	0,7	7,5
3	Мокра Волноваха - с.Миколаївка	194	66	0,742	0,79	1,47	0,62	1,9	0,79	1,63	2,1	9,7
4	Кальміус - смт Приморське (Сартана)	3700	33	0,254	0,99	1,39	0,71	1,4	1,18	1,68	1,7	14,8
5	б.Полкова - с. Кременівка	63	17	1,17	0,32	0,41	0,33	1,3	0,32	0,49	1,5	7,7
6	Кальчик - с.Кременівка	469	58	0,832	0,60	2,13	0,31	3,6	0,61	2,60	4,3	8,0
7	Калець-х.Перемога	164	16	0,519	0,64	1,39	0,47	2,2	0,65	2,02	3,1	14,3
8	Берда - с.Захарівка	718	53	0,510	0,91	1,79	0,38	2,0	0,92	2,13	2,3	12,6
9	Берда – с.Осипенко	1620	83	0,415	0,73	2,45	0,63	3,4	0,74	2,93	4,0	8,1
10	Кільтиччя - с.Новотроїцьке	398	38	0,618	0,52	0,57	0,64	1,1	0,52	0,61	1,2	8,5
11	Обитічна - с. Шевченко	390	34	0,462	0,81	0,95	0,46	1,2	0,82	1,06	1,3	14,1
12	Обитічна - м. Приморськ	1300	67	0,245	0,84	1,06	0,50	1,3	0,85	1,13	1,3	10,4
13	Лозуватка - с.Новоолексіївка	331	62	0,326	0,52	0,29	0,46	0,6	0,52	0,32	0,6	6,6
14	Корсак - с.Аннівка	194	15	0,189	0,96	0,85	0,69	0,9	0,39	1,07	1,1	14,1
15	Молочна - с.Токмак	760	31	0,424	0,55	0,64	0,61	1,2	0,55	0,69	1,3	9,8
16	Молочна - с.Терпіння	2780	48	0,030	1,24	2,26	0,21	1,8	1,27	2,93	2,3	14,3

Таблиця 2.5 - Статистичні параметри часових рядів мінімального стоку за період зимової межені на річках Приазов'я зі стійким льодоставом

№ з/п	Річка - пост	Площа водозбору, км <sup>2</sup>	n, років	$\bar{q}_{\min}$ , л/(с·км <sup>2</sup> )	Метод моментів				Метод найбіл. правдоподіб.			$\sigma_{Q_n}$ , %
					$C_v$	$C_s$	r(1)	$C_s/C_v$	$C_v$	$C_s$	$C_s/C_v$	
1	Кріпенька - х.Чугуно-Крепинка	224	25	3,27	0,39	0,34	0,14	0,9	0,39	0,39	1,0	7,7
2	Вільхова - смт Олексієво-Орловка	272	63	3,19	0,54	0,62	0,30	1,1	0,54	0,64	1,2	6,8
3	Мокра Волноваха - с.Миколаївка	194	64	1,49	0,78	1,09	0,38	1,4	0,79	1,16	1,5	9,8
4	Кальміус - смт Приморське (Сартана)	3700	32	0,71	0,85	1,06	0,83	1,3	0,82	1,22	1,4	13,0
5	б.Полкова - с. Кременівка	63	18	1,97	0,46	1,13	0,02	2,5	0,47	1,48	3,2	11,0
6	Кальчик - с.Кременівка	469	58	1,57	0,42	1,42	0,26	3,4	0,42	1,59	3,8	5,5
7	Калець-х.Перемога	164	15	1,16	0,48	0,65	0,21	1,4	0,48	0,78	1,6	12,5
8	Берда - с.Захарівка	718	53	1,31	0,64	1,41	0,33	2,2	0,64	1,59	2,5	8,8
9	Берда – с.Осипенко	1620	79	0,802	0,85	2,08	0,30	2,5	0,85	2,40	2,8	9,6
10	Кільтиччя - с.Новотроїцьке	398	39	1,08	0,53	0,80	0,36	1,5	0,53	0,86	1,6	8,5
11	Обитічна - с. Шевченко	390	35	1,33	0,63	0,82	0,44	1,3	0,63	0,90	1,4	10,7
12	Обитічна - м. Приморськ	1300	69	0,720	0,76	1,12	0,37	1,5	0,76	1,19	1,6	9,2
13	Лозуватка - с.Новоолексіївка	331	62	0,813	0,77	3,16	0,20	4,1	0,80	4,32	5,4	10,2
14	Корсак - с.Аннівка	194	16	1,49	0,70	0,35	0,12	0,5	0,31	0,43	0,6	13,5
15	Молочна - с.Токмак	760	31	0,896	0,70	1,16	0,30	1,7	0,70	1,37	1,9	12,6
16	Молочна - с.Терпіння	2780	48	0,291	1,02	2,99	0,08	2,9	1,19	4,28	4,0	13,5

### 3 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ НОРМУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МІНІМАЛЬНОГО СТОКУ НА РІЧКАХ ПРИАЗОВ'Я

Величина мінімального стоку розподіляється по території у відповідності із кліматичними поясами та підпорядковується законам географічної зональності [16]. Перші узагальнення у вигляді карти ізоліній мінімального стоку річок Європейської території колишнього СРСР виконав Д.І. Кочерін наприкінці 20-х, на початку 30-х років минулого сторіччя.

Подальші дослідження провідних вчених було пов'язано із вивчення основних факторів, що впливають на формування мінімального стоку; розробки емпіричних залежностей для розрахунку мінімальних середньодобових модулів стоку для літнього і зимового сезонів; використання непрямий метод розрахунку статистичних характеристик рядів мінімального стоку для визначення мінімального стоку різнорічної забезпеченості; вивчення генетичних особливостей формування мінімального стоку.

В роботах А.М. Владімірова (60-70-ті роки) [17] наведено повний аналіз процесу формування стоку в маловодний період року, класифіковані стокоформуючі фактори, надано рекомендації по розрахунку характеристик стоку річок в меженний період при наявності гідрометричних спостережень, а також при їх відсутності.

У 70-х – 80-х роках минулого сторіччя було закладено основи теоретичних уявлень про закономірності формування меженного стоку річок в різні сезони та в різних природних умовах, а також запропоновано методи його розрахунків при різному об'ємі та доступності гідрометеорологічної інформації.

В останні десятиріччя дослідження мінімального стоку і методів його розрахунку отримали новий розвиток. У чисельних дослідженнях провідних науковців сучасності, за даними наведеними у [16], виявлені істотні зміни водності річок, переважно в маловодні сезони, і пов'язують це явище з потеплінням клімату.

Зміни мінімального стоку річок України, що відбулися у 90-х роках минулого сторіччя під впливом кліматичних змін розкриті у роботах Вишневського В.І. [18] та Вишневського В.І., Косовця О.О. [19], проф. Н.С. Лободи [20] та В.В. Гребеня [12].

За кордоном наукова спільнота працює над розробкою методів розрахунку та визначення індикаторів мінімального стоку, який розглядається як поняття екологічний стік [21]. Так, наприклад, вчені США пропонують для аналізу мінімального стоку використовувати 7-добові витрати води 10 % забезпеченості [22].

### 3.1 Узагальнення модулів мінімального стоку на річках Приазов'я

Після статистичного аналізу часових рядів мінімального стоку просторовому узагальненню, зазвичай, підлягають середні величини або характеристики тієї ж іншої ймовірності перевищення.

Ураховуючи різне географічне положення водозборів, спочатку величини модулів мінімального стоку відносять до якоїсь однієї умовної широти. З цією метою будується залежність  $q_{min} = f(\varphi^0 \text{ півн.ш})$  у вигляді:

$$q_{min} = \bar{q}_{\varphi_0} \pm \alpha_{\varphi} (\varphi^0 - \varphi_0), \quad (3.1)$$

де  $\bar{q}_{\varphi_0}$  - середній витрата стоку, віднесена до умовної широти геометричних центрів тяжіння водозборів  $\varphi_0$  [8].

Рекомендується  $\varphi_0$  призначати з таким розрахунком, щоб воно відповідало приблизно геометричному центру тяжіння розглядуваної території. За лінійною кореляцією  $\bar{q}_{min} = f(\varphi^0 \text{ півн.ш})$  встановлюється значення коефіцієнта регресії  $\alpha_{\varphi}$ . Приведення вихідних даних  $q_{min}$  до умовної широти  $\varphi_0$  здійснюється на підставі (3.1). Дійсно,

$$\bar{q}_{\varphi_0} = q_{min} \pm \alpha_{\varphi} (\varphi^0 - \varphi_0) \quad (3.2)$$

У межах рівнинних територій досліджується вплив на приведені до  $\varphi_0$  стоку  $\bar{q}_{\varphi_0}$  залісеності території, тобто

$$\bar{q}_{min} = \bar{q}_{\varphi_0, f_l=0} \pm \beta_l \lg(f_l + 1) \quad (3.3)$$

або

$$\bar{q}_{\varphi_0} = q_{\varphi_0, f_l=0} \cdot k_l, \quad (3.4)$$

де  $k_l$  - коефіцієнт впливу залісеності на величину стоку

$$k_l = 1 \pm \beta_l \lg(f_l + 1), \quad (3.5)$$

$f_l$  - відносна залісеність у %;

$$\beta_l = \frac{\beta_l}{\bar{q}_{\varphi_0, f_l=0}}. \quad (3.6)$$

Виходячи з (3.5), можна розрахувати  $\bar{q}_{\varphi_0, f_l=0}$ , тобто вихідні дані  $\bar{q}_{\varphi_0}$  привести до залісеності  $f_l = 0$ . Фактично

$$\bar{q}_{\varphi_0, f_l=0} = \bar{q}_{\varphi_0} / k_l. \quad (3.7)$$

Наступним кроком є побудування залежності  $\bar{q}_{\varphi_0, f_l=0}$  від ступеня заболоченості водозборів  $f_{\delta}$ , а саме

$$\bar{q}_{\varphi_0, f_l=0} = \bar{q}_{\varphi_0, f_l=0, f_{\delta}=0} \pm \beta_l \lg(f_l + 1), \quad (3.8)$$

де  $\bar{q}_{\varphi_0, f_n=0, f_\sigma=0}$  - значення модулів мінімального стоку, приведених до  $f_n = 0$  і  $f_\sigma = 0$  та віднесених до умовних геометричних центрів водозборів [23].

Вираз (3.8) можна привести до вигляду

$$\bar{q}_{\varphi_0, f_n=0} = \bar{q}_{\varphi_0, f_n=0, f_\sigma=0} \cdot k_\sigma, \quad (3.9)$$

де  $k_\sigma$  - коефіцієнт впливу заболоченості на середні витрати стоку, тобто

$$k_\sigma = 1 \pm \beta_\sigma \lg(f_n + 1), \quad (3.10)$$

а

$$\beta_\sigma = \frac{\beta_\sigma'}{\bar{q}_{\varphi_0, f_n=0, f_\sigma=0}}. \quad (3.11)$$

Щоб здійснити узагальнення середніх мінімальних 30-тидобових модулів стоку  $q_{min}$  по території, необхідно виключити вплив на них таких місцевих факторів: залісеність і заболоченість. Для цього слід  $q_{min}$  поділити на  $k_n$  і  $k_\sigma$ , розрахованих за (3.5) і (3.10), тобто

$$\bar{q}_{np} = \bar{q}_m / (k_n k_\sigma). \quad (3.12)$$

Після таких процедур можливе картування  $\bar{q}_{np}$  або його осереднення у межах тієї чи іншої території [15]. Перш за все, рекомендується здійснити перевірку  $\bar{q}_{np}$  на нормальність, наприклад, за допомогою критерію Гауса

$$\frac{\sigma_y}{\rho_y} = \sqrt{\pi/2} \approx 1,25, \quad (3.13)$$

де  $\sigma_y$  - середньоквадратичне значення

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum [(\bar{q})_{np,i} - \bar{q}_{np}]^2}{n-1}}; \quad (3.14)$$

$\rho_y$  - середнє арифметичне значення

$$\rho_y = \frac{1}{n} \sum |(\bar{q})_{np,i} - \bar{q}_{np}|. \quad (3.15)$$

При невиконанні умови (3.13) слід  $\bar{q}_{np}$  ще раз (але при виключенні із вихідних даних залісеності і заболоченості) дослідити в залежності від  $\varphi^0$  півн.ш. Наявність очевидної залежності  $q_{np} = f(\varphi^0 \text{ півн.ш.})$  є підставою для картування  $\bar{q}_{np}$ , віднесених до геометричних центрів тяжіння водозборів.

Таким чином,

$$q_{min} = \bar{q}_{np} k_d k_b. \quad (3.16)$$

### 3.1.1 Літньо-осінній період

З рис. 3.1 видно, що залежність середніх 30-тидобових модулів мінімального стоку загалом підкоряється широтній закономірності, причому із збільшенням широтного положення водозборів  $q_{min}$  збільшується ( $r=0,91$ ).

$$\bar{q}_{min} = (\bar{q}_{min})_{\varphi=48^\circ} + 1,6752(\varphi^0 - 48). \quad (3.17)$$

Наступним етапом було досліджено вплив місцевих факторів на величину модулів середнього мінімального стоку у літньо-осінній період. Для цього були побудовані залежності  $(\bar{q}_{min})_{\varphi=48^\circ} = f(N_{sp})$  (рис. 3.2),  $(\bar{q}_{min})_{\varphi=48^\circ} =$



$f(f_l)$ (рис. 3.3). Як видно з графіків (рис. 3.2-3.3), значимого впливу не виявлено. Результати розрахунків наведено у дод. В, табл. В.1.

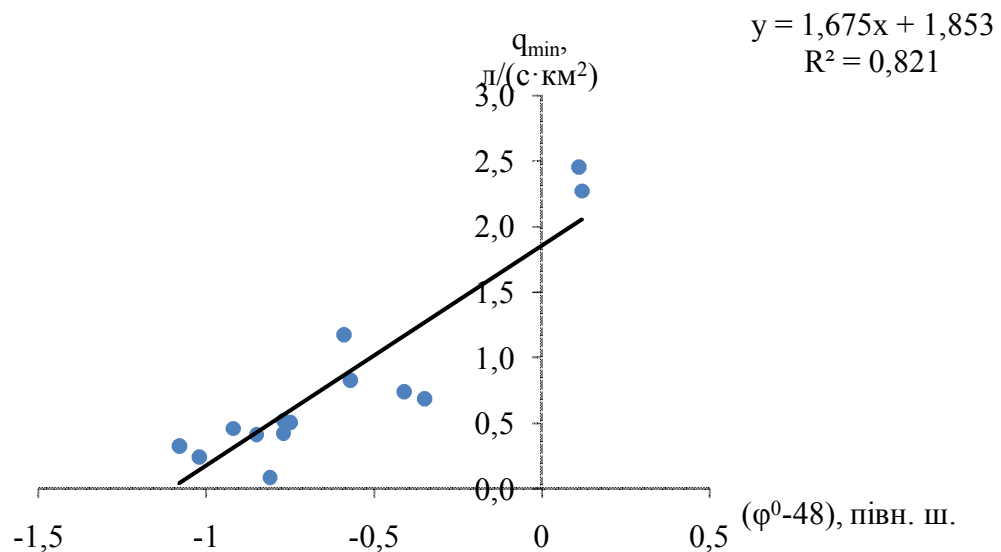


Рисунок 3.1 - Залежність середніх мінімальних 30-тидобових модулів стоку  $\bar{q}_{min}$  від широти центрів тяжіння водозборів на річках Приазов'я у літньо-осінній період

Отримана залежність (3.17) дозволяє привести всі дані до однієї широти  $48^\circ$  півн.ш., тобто:

$$\left(\bar{q}_{min}\right)_{\varphi=48^\circ} = \bar{q}_{min} - 1,6752(\varphi^0 - 48). \quad (3.18)$$

Наступним етапом було досліджено вплив місцевих факторів на величину модулів середнього мінімального стоку у літньо-осінній період. Для цього були побудовані залежності  $(\bar{q}_{min})_{\varphi=48^\circ} = f(N_{ср})$  (рис. 3.2),  $(\bar{q}_{min})_{\varphi=48^\circ} = f(f_l)$  (рис. 3.3). Як видно з графіків (рис. 3.2-3.3), значимого впливу не виявлено. Результати розрахунків наведено у дод. В, табл. В.1.

Таким чином, просторове узагальнення середніх 30-тидобових модулів мінімального стоку за літньо-осінній період на річках Приазов'я представленоу

вигляді карти ізоліній, що наведена на рис. 3.4. Ізолінії проведені з кроком  $0,20 \text{ л/(с}\cdot\text{км}^2)$ , по території значення  $\bar{q}_{\min}$  розподілені нерівномірно: в басейні р. Молочна (південно-західна частина території)  $\bar{q}_{\min 30} = 0,30 \text{ л/(с}\cdot\text{км}^2)$  та значно збільшується у північно-східному напрямку до  $2,00 - 2,50 \text{ л/(с}\cdot\text{км}^2)$  басейни річок Кринка та Міус [24]. Похибка карти ізоліній величини  $\bar{q}_{\min 30}$  складає  $\pm 7,7 \%$ .

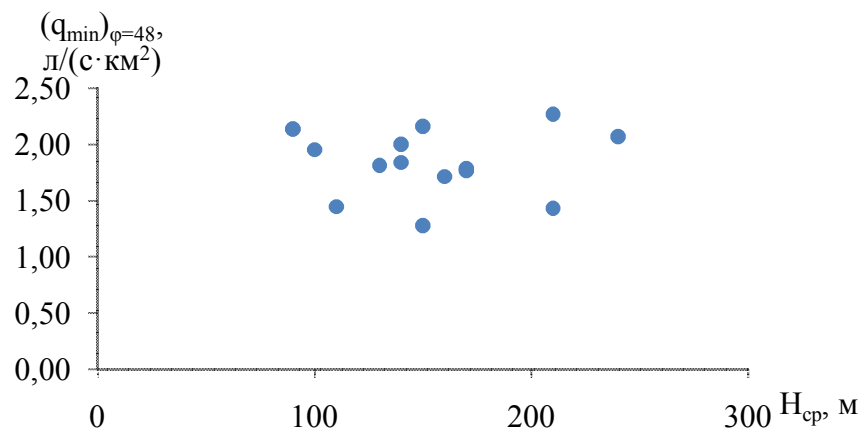


Рисунок 3.2 – Графік зв'язку середніх мінімальних 30-тидобових модулів стоку  $(\bar{q}_{\min 30})_{\varphi=48}$  приведенного до широти  $\varphi=48^\circ$  від висоти водозборів на річках Приазов'я у літньо-осінній період

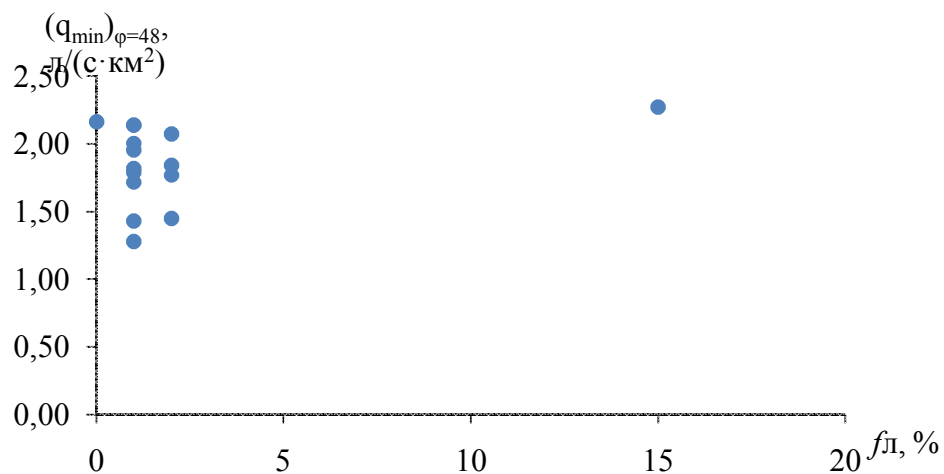


Рисунок 3.3 – Графік зв'язку середніх мінімальних 30-тидобових модулів стоку  $(\bar{q}_{\min 30})_{\varphi=48}$  приведенного до широти  $\varphi=48^\circ$  півн. ш. від залісеності водозборів на річках Приазов'я у літньо-осінній період

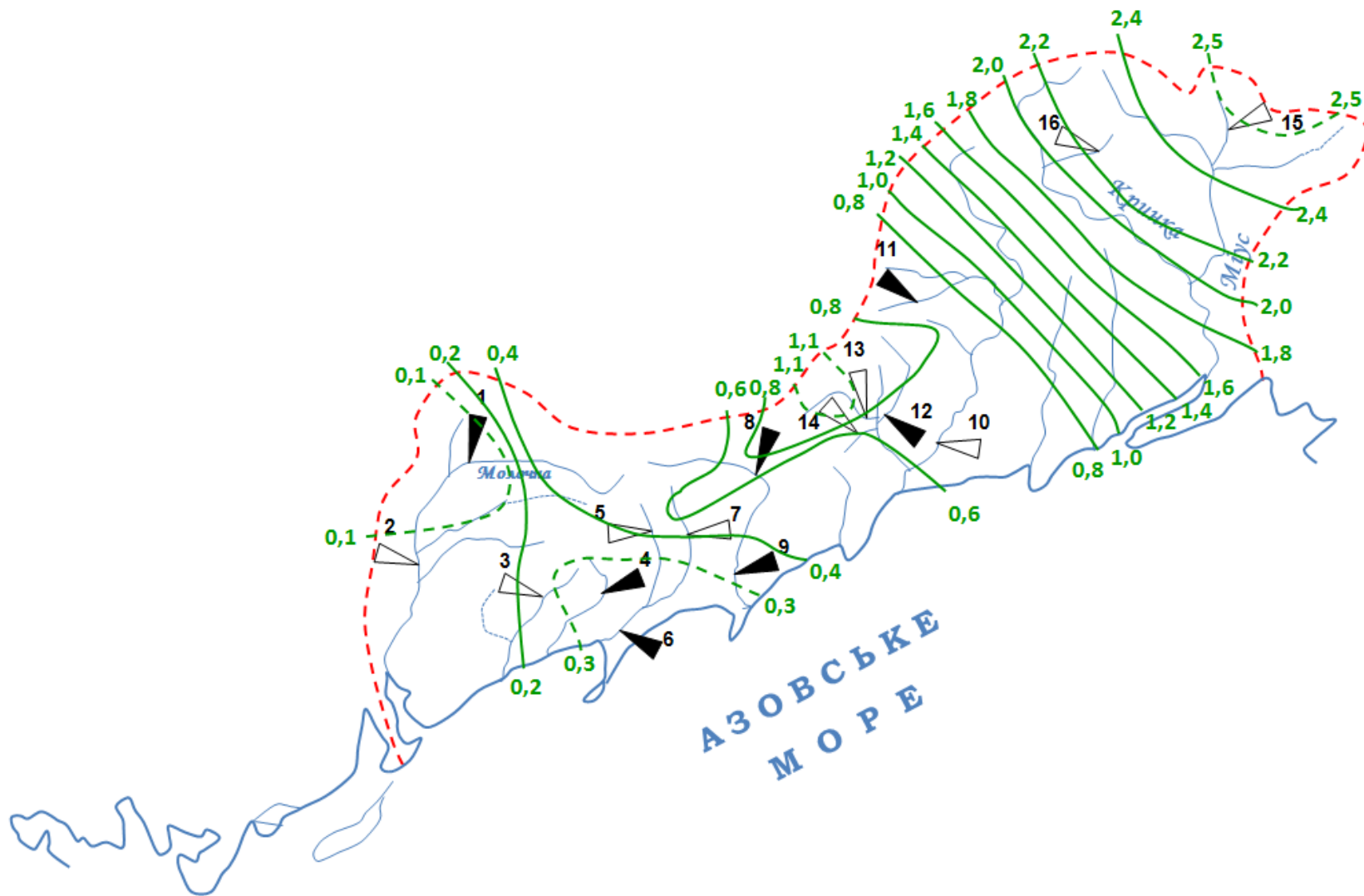


Рисунок 3.4 – Карта ізолій середніх мінімальних 30-тидобових модулівстоку  $\bar{q}_{\min 30}$  на річках Приазов'я за літньо-осінній період,  $\text{l}/(\text{s} \cdot \text{км}^2)$

### 3.1.2 Зимовий період

За аналогічною схемою виконано дослідження впливу місцевих факторів на величини середніх мінімальних 30-тидобових модулів стоку за зимовий період на річках Приазов'я.

Залежність  $\bar{q}_{\min 30}$ , л/(с·км<sup>2</sup>) від широтного положення водозборів представлено на рис. 3.5 ( $r = 0,85$ ).

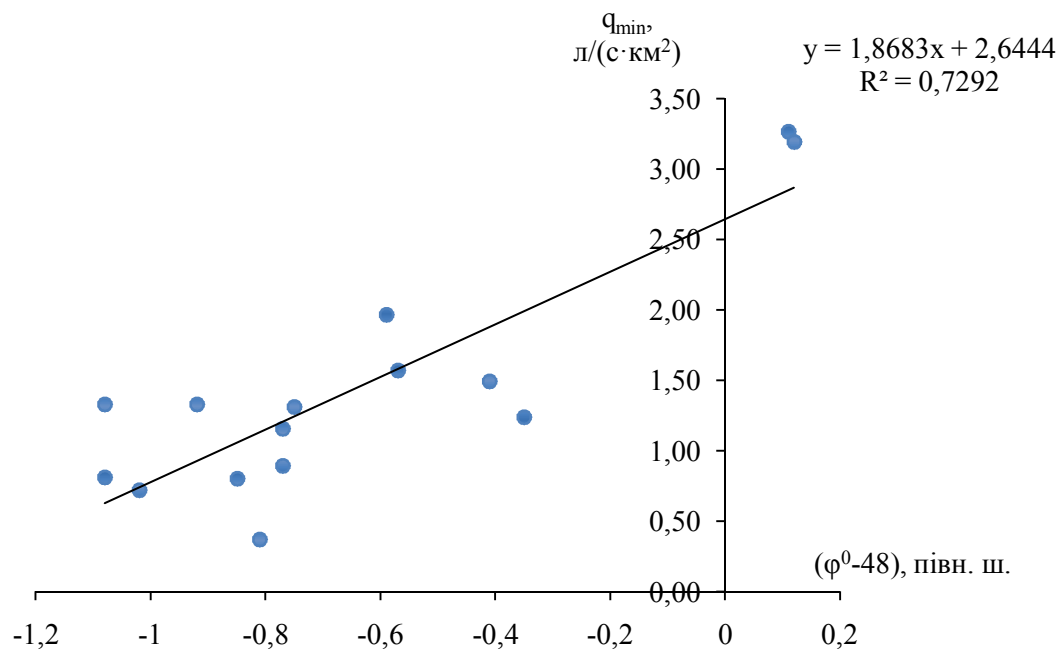


Рисунок 3.5 - Залежність середніх мінімальних 30-тидобових модулів стоку  $\bar{q}_{\min 30}$  від широти центрів тяжіння водозборів на річках Приазов'я за зимовий період

Дослідження можливого впливу місцевих факторів на величину середніх мінімальних 30-тидобових модулів стоку у зимовий період виконано шляхом побудови залежностей  $(\bar{q}_{\min})_{\varphi=48^\circ} = f(N_{\text{ср}})$  (рис. 3.6) та  $(\bar{q}_{\min})_{\varphi=48^\circ} = f(f_{\text{л}})$  (рис. 3.7). Як і для періоду літньо-осінньої межени значимого впливу не виявлено. Результати розрахунків наведено у дод. В, табл. В.2 та узагальнені у вигляді карти ізоліній (рис. 3.8).

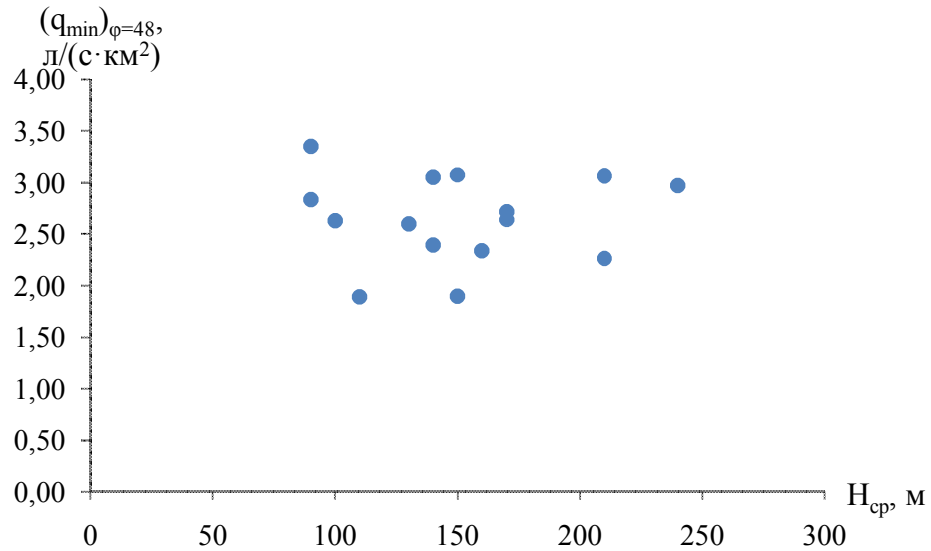


Рисунок 3.6 – Графік зв'язку середніх мінімальних 30-тидобових модулів стоку  $(\bar{q}_{min30})_{\varphi=48}$  приведенного до широти  $\varphi=48^\circ$  від висоти водозборів на річках Приазов'я у зимовий період

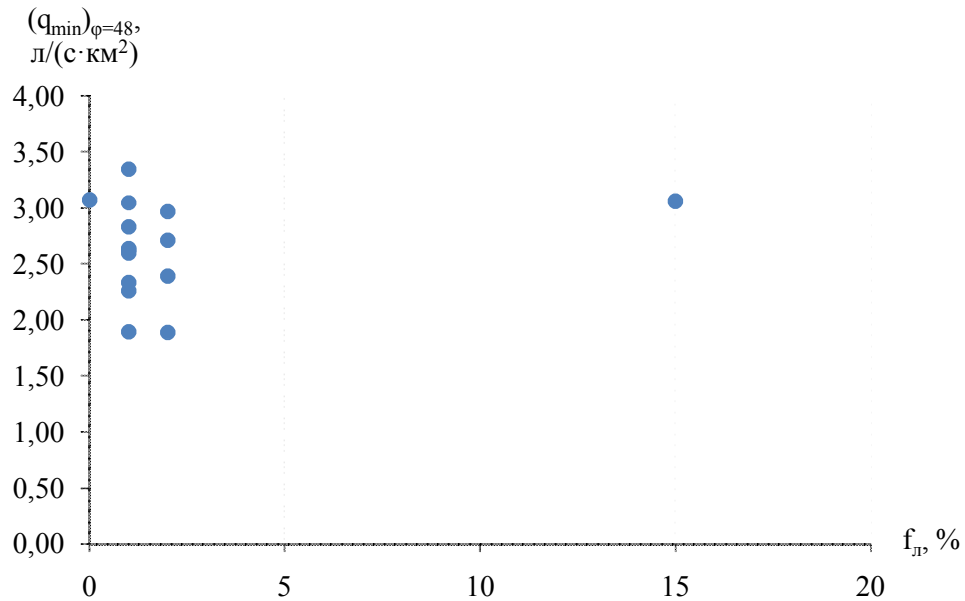


Рисунок 3.7 – Графік зв'язку середніх мінімальних 30-тидобових модулів стоку  $(\bar{q}_{min30})_{\varphi=48}$  приведенного до широти  $\varphi=48^\circ$  півн.ш. від залісеності водозборів на річках Приазов'я у зимовий період

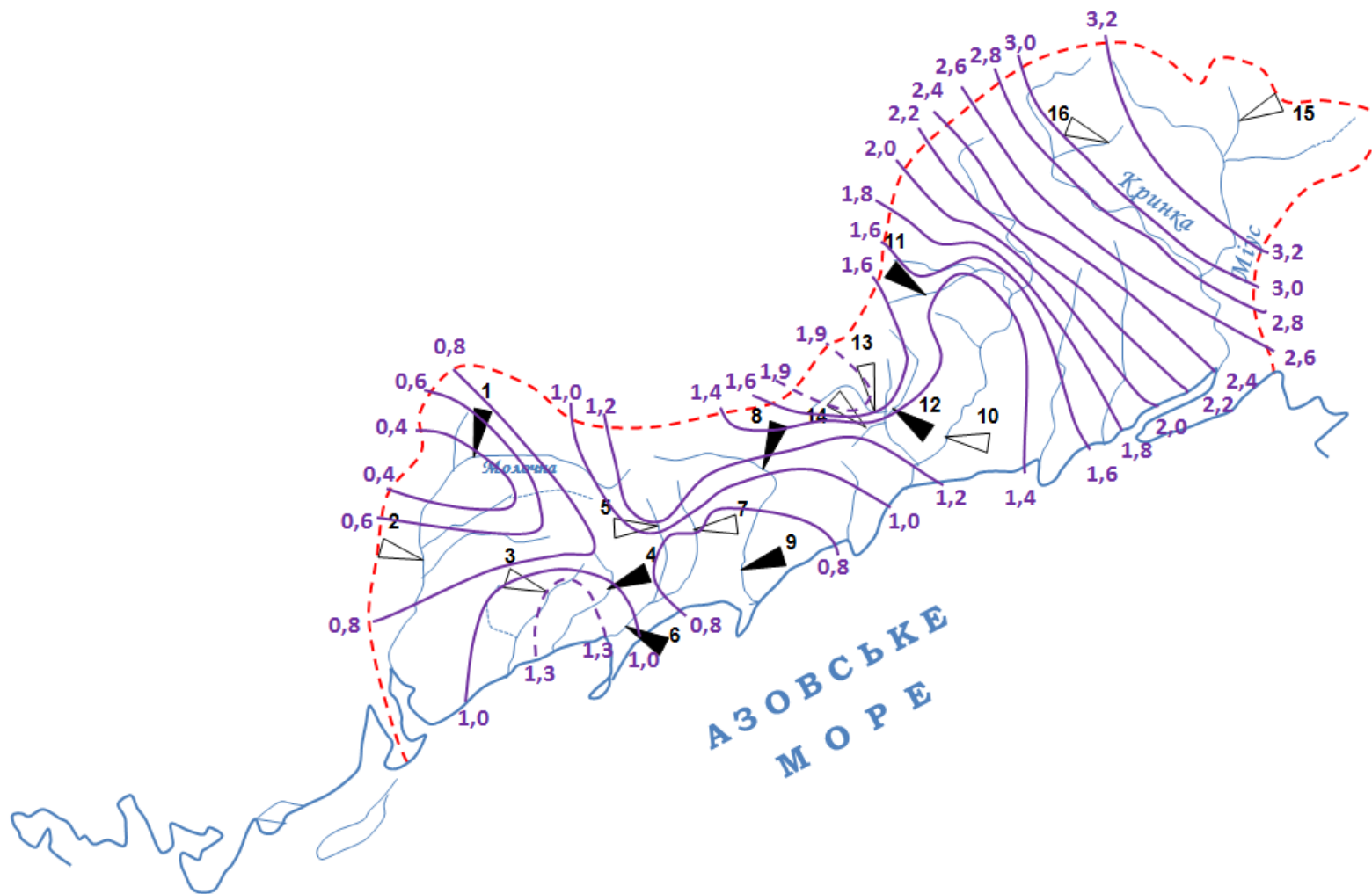


Рисунок 3.8 – Карта ізолій середніх мінімальних 30-тидобових модулів стоку  $\bar{q}_{\min 30}$  на річках Приазов'я у зимовий період, л/(с·км<sup>2</sup>)

Ізолінії проведені з кроком  $0,20 \text{ л/(с}\cdot\text{км}^2)$ , по території значення  $\bar{q}_{\min}$  розподілені нерівномірно: в басейні р. Молочна (південно-західна частина території)  $\bar{q}_{\min 30} = 0,40 \text{ л/(с}\cdot\text{км}^2)$  та значно збільшується у північно-східному напрямку до  $3,00 - 3,20 \text{ л/(с}\cdot\text{км}^2)$  басейни річок Кринка та Міус [24]. Похибка карти ізоліній величини  $\bar{q}_{\min 30}$  на річках Приазов'я у зимовий період складає  $\pm 4,3 \%$ .

### 3.2 Розрахунок коефіцієнтів варіації і асиметрії мінімального стоку

За відсутності спостережень за стоком коефіцієнт варіації ( $C_v$ ) може бути розрахований по інтерполяції між значеннями, отриманими для річок аналогів [15].

Виходячи з рис. 3.9, можемо зазначити, що існує залежність коефіцієнта варіації від норми мінімального стоку за літньо-осінній період ( $\bar{q}_{\min, \text{л/(с}\cdot\text{км}^2)}$ ), з досить високим кореляційним зв'язком.

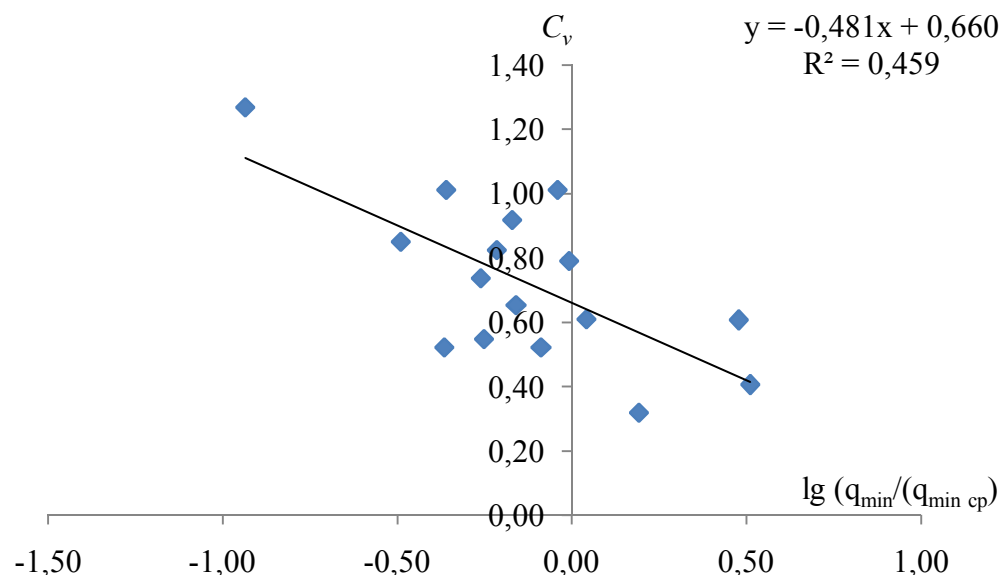


Рисунок 3.9 – Залежність між модулем мінімального стоку та коефіцієнтами варіації на річках Приазов'я у літньо-осінній період

Аналітичною апроксимацією цієї залежності може бути рівняння:

$$C_v = 0,661 - 0,482 \lg(\bar{q}_{\min} / \bar{q}_0), \quad (3.19)$$

де  $\bar{q}_0 = 0,757 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$  для басейнів річок Приазов'я у літньо-осінній період.

Розрахункові значення коефіцієнтів варіації  $C_{v,p}$ , які отримані за (3.19), наведені у дод. В, табл. В.1.

Аналогічно виконане визначення залежності коефіцієнтів варіації від мінімального стоку у зимовий період (рис. 3.10,  $r = 0,77$ ). Розрахункове рівняння має вигляд:

$$C_v = 0,629 - 0,619 \lg(\bar{q}_{\min} / \bar{q}_0), \quad (3.20)$$

де  $\bar{q}_0 = 1,41 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$  для басейнів річок Приазов'я у зимовий період.

Розрахункові значення коефіцієнтів варіації  $C_{v,p}$ , які отримані за (3.20), наведені у дод. В, табл. В.2.

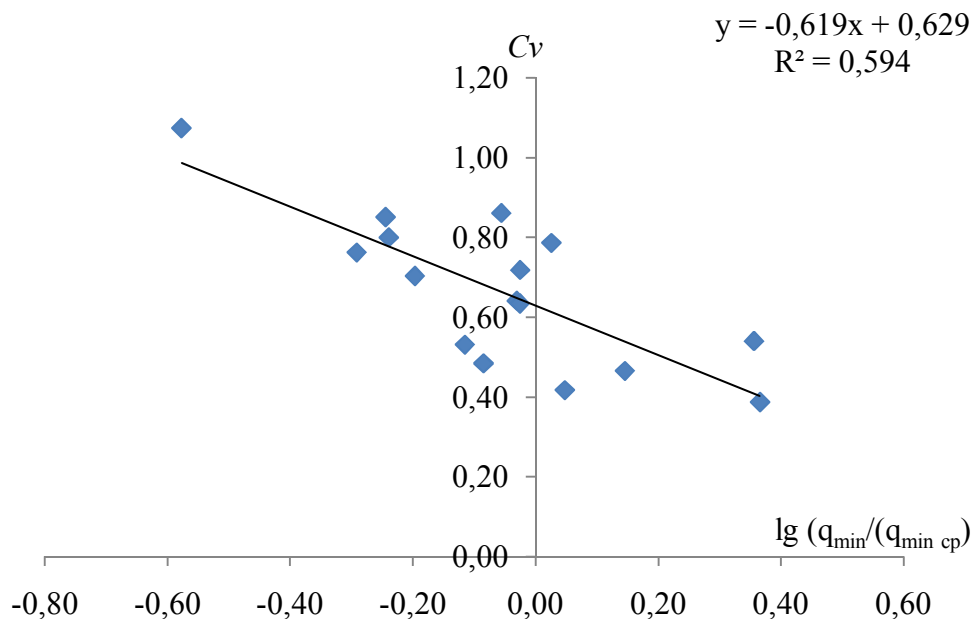


Рисунок 3.10 – Залежність між модулем мінімального стоку та коефіцієнтами варіації нарічках Приазов'я у зимовий період



Коефіцієнт асиметрії рекомендовано приймати  $C_s = 2.0C_v$  для річок Приазов'я, як у літньо-осінній, так і у зимовий періоди.

### 3.3 Перевірка точності розрахунку мінімального стоку на річках Приазов'я

Згідно рекомендацій нормативного документу [23] за відсутності систематичних вимірювань стоку найпоширеніший метод є визначення за картами норм мінімального стоку (модуля або шару). Будуються карти за даними вивчених річок з вимогами точності обчислювання норми стоку. Враховуючи суттєвий вплив на річковий стік місцевих та антропогенних факторів, при складанні карт використовуються тільки ті матеріали, які відносяться до середніх площ водозборів.

Похибки побудованих карт ізоліній узагальнених середніх мінімальних 30-тидобових модулів стоку для річках Приазов'я відповідають точності вихідної інформації та вимогам діючого нормативного документу СНиП 2.10.14-83  $\bar{\alpha}_{\min} < 15\%$  [13].

Запропоновані регіональні рівняння для визначення коефіцієнтів варіації також задовольняють вимоги щодо точності визначення розрахункових характеристик  $\sigma_{C_v} < 20\%$ .

### 3.4 Розрахунок мінімального стоку різної забезпеченості

Мінімальні витрати води розрахункової забезпеченості визначають, використовуючи три параметри ( $Q$ ,  $C_v$ ,  $C_s$ ), 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.О. Алексеева, з використанням згладжуваної (усередненою) емпіричної кривої забезпеченості [4].

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

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^2}{n-1}} \quad (3.20)$$

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

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^3}{C_v^3} \frac{n}{(n-1)(n-2)}. \quad (3.21)$$

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

$$Q_{80\%} = K_{80\%} \bar{Q}, \quad (3.22)$$

де:

1) для трипараметричного розподілу

$$K_{80\%} = f\left(C_v, \frac{C_s}{C_v}, P_{80\%}\right); \quad (3.23)$$

2) для біноміальної кривої розподілу

$$K_{80\%} = \Phi_{80\%} C_v + 1, \quad (3.24)$$

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

$$\Phi_{80\%} = f(CsP_{80\%}). \quad (3.25)$$

Розраховані модулі мінімального стоку опорної забезпеченості 80% на річках Приазов'я коливаються в межах від  $0,068 \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$  у західній частині до  $2,17 \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$  у східній частині у період зимової межени та у період літньо-осінньої межени збільшується із заходу на схід від  $0,009 \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$  до  $1,16 \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$  [25]. Таким чином, за побудованою залежністю між мінімальним стоком за літньо-осінній та зимовий періоди (рис. 3.11), встановлено, що у літньо-осінній період величина меженного стоку майже 1,5 рази менше ніж у зимовий період.

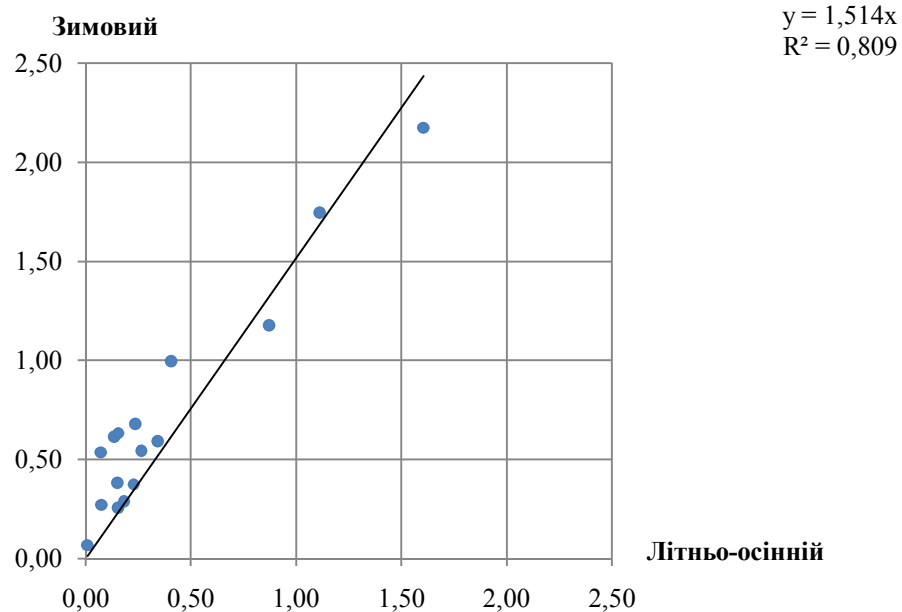


Рисунок 3.11 – Залежність між мінімальним стоком за літньо-осінній та зимовий періоди на річках Приазов'я

3.5 Визначення мінімальних витрат води імовірністю перевищення 80% за нормативними документами

Мінімальні 30-добові (середньомісячні) витрати води  $Q_{80\%}$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) щорічної ймовірності перевищення  $P$ , рівній 80%, за літньо-осінній та зимовий періоди

для середніх й великих річках слід визначити по річкам-аналогам або інтерполяції.

Значення мінімального 30-добового модуля стоку щорічною імовірністю перевищення 80% слід знімати з карт для центра тяжіння розрахункового басейну шляхом інтерполяції між ізолініями стоку при площах більше 2000 км<sup>2</sup> для зимової межені та 1800 км<sup>2</sup> для літньо-осінньої.

Для малих річок з площею водозбору менше за 1800-2000 км<sup>2</sup> нормативним документом рекомендується  $Q_{80\%}$  визначати за формулою, розробленою А.М. Владимировим:

$$Q_{80\%} = 10^{-3} a * (F \pm f_0)^n, \quad (3.26)$$

де  $f_0$ - середня по району площа з відсутністю стоку (-), або середня площа підземного басейну, який забезпечує додаткове живлення річок даного району (+) внаслідок карсту;  $a$  і  $n$  – параметри, які характеризують зволоженість даного району і інтенсивність зміни стоку із зростанням площі водозбору (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Параметри  $a$ ,  $n$ ,  $f_0$  у формулі (3.26) відповідно СНиП 2.01.14-83

Номер району	Зимовий період			Номер району	Літньо-осінній період		
	$a$	$n$	$f_0$		$a$	$n$	$f_0$
61	2,46	0,73	0	69	1,13	0,75	0
62	3,90	0,72	0	70	1,14	0,88	0

Визначені за рекомендаціями СНиП 2.01.14-83 мінімальні 30-ти добових витрати води 80%-ої забезпеченості для зимового та літньо-осіннього періоду на річках Приазов'я представленні у таблиці 3.2.

Похибка розрахунків складає 87 % для зимового періоду та 73 % літньо-осіннього періоду, що підтверджує необхідність у розробці регіональних методик, які були розроблені у рамках магістерської роботи.

Таблиця 3.2 - Розрахунок мінімальної 30-ти добових витрати води 80%-ої забезпеченості для зимового та літньо-осіннього періоду на річках Приазов'я

№ за/п	Річка - пост	Площа водозбору, км <sup>2</sup>	Зимовий період	Літньо-осінній період
			$Q_{80\%}$	$Q_{80\%}$
1	Молочна - с.Токмак	760	0,053	0,061
2	Молочна - с.Терпіння	2780	0,8	0,47
3	Корсак - с.Аннівка	194	0,016	0,018
4	Лозуватка - с.Новоолексіївка	331	0,033	0,033
5	Обитічна - с. Шевченко	390	0,043	0,023
6	Обитічна - м. Приморськ	1300	0,13	0,13
7	Кільтиччя - с.Новотроїцьке	398	0,044	0,028
8	Берда - с.Захарівка	718	0,072	0,036
9	Берда – с.Осипенко	1620	0,54	0,31
10	Кальміус - смт Приморське (Сартана)	3700	1,44	1,57
11	Мокра Волноваха - с.Миколаївка	194	0,019	0,01
12	Кальчик - с.Кременівка	469	0,061	0,028
13	б.Полкова - с. Кременівка	63	0,005	0,003
14	Калець-х.Перемога	164	0,06	0,013
15	Кріпенька - х.Чугуно-Крепинка	224	0,027	0,022
16	Вільхова - смт Олексієво-Орловка	272	0,041	0,027

## ВИСНОВКИ

Для вирішення поставленої мети та завдання у магістерській роботі досліджено 16 басейнів річок Приазов'я з площами водозборів від 63 км<sup>2</sup> (б. Полкова - с. Кременівка) до 3700 км<sup>2</sup> (р. Кальміус – смт Приморське) та періодами спостережень від 15 років (р. Корсак – с. Ананнівка) до 83 років (р. Берда – с. Осипенко).

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи було розроблено та доведено до практичного використання методик визначення мінімального стоку за літньо-осінній та зимовий періоди на річках Приазов'я. Основні висновки дослідження можна відмітити наступними пунктами:

а) досліджувана територія розташована у степовій зоні України з посушливим жарким кліматом. Лісистість водозборів в середньому 4-5%, а заболоченість не більше 1%. Основними факторами, які впливають на величину меженного стоку як у літньо-осінній, так і у зимовий періоди є широтне положення водозборів;

б) за загальним висновком за критеріями Фішера, Стьюдента та Уїлкоксона за літньо-осінній період 5 постів неоднорідні при 1% та 7 постів – при 5% рівні значущості. При цьому у зимовий період лише 1 часовий ряд спостереження не однорідний як при 1 %, так і при 5 % рівні значимості;

в) слід також відмітити, що по всій території Приазов'я на річках в період зимової та літньо-осінньої межени спостерігається маловодна фаза, яка розпочалася з 2000-х років. Тому у останні роки (2018-2020 рр.) відмічаються критична низька (7-30 % від місячних норм) водність, а у серпні 2020 року спостерігалася стояча вода протягом місяця.

г) у період літньо-осінньої межени по 6 з 7 водозборах значимі тренди у стокових рядах відсутні, але по посту р. Вільхова - смт Олексієво-Орловка відмічається значимий до збільшення тренд. При цьому у період зимової межени починаючи з початку 90-х років відмічаються виражені тренди по зменшенню стоку по 3 із 7 розглянутих водозборах, невиражені – по 3

водозборах, і лише для р. Берда – с. Осипенко – значимий тренд до збільшення меженного стоку;

д) визначені статистичні параметри часових рядів по мінімальному стоку включають сучасні, по 2015 рік, матеріали спостережень:

1) середній модуль мінімального стоку за літньо-осінній період на річках Приазов'я змінюється від  $0,030 \text{ л/(с}\cdot\text{км}^2)$  (р. Молочна - с.Терпіння,  $F = 2780 \text{ км}^2$ ) до  $2,46 \text{ л/(с}\cdot\text{км}^2)$  (р. Кріпенька - х.Чугуно-Крепинка,  $F = 224 \text{ км}^2$ ) при діапазоні коливання коефіцієнтів варіації  $0,32-1,27$  та середньому по території співвідношенні  $C_S/C_V = 2,0$ ;

2) середній модуль мінімального стоку за зимовий період має вищі значення на розглянутій території і змінюється від  $0,291 \text{ л/(с}\cdot\text{км}^2)$  (р. Молочна - с.Терпіння,  $F = 2780 \text{ км}^2$ ) до  $3,27 \text{ л/(с}\cdot\text{км}^2)$  (р. Кріпенька - х.Чугуно-Крепинка,  $F = 224 \text{ км}^2$ ) при значеннях коефіцієнтів варіації  $0,39-1,07$  та середньому співвідношенні  $C_S/C_V = 2,0$ ;

е) просторове узагальнення меженного стоку в зимовий та літньо-осінній періоди виконано у вигляді карт ізоліній. Ізолінії проведені з кроком  $0,20 \text{ л/(с}\cdot\text{км}^2)$ , по території значення  $\bar{q}_{\text{min}}$  розподілені нерівномірно:

1) у літньо-осінній період - в басейні р. Молочна (південно-західна частина території)  $\bar{q}_{\text{min}} = 0,30 \text{ л/(с}\cdot\text{км}^2)$  та значно збільшується у північно-східному напрямку до  $2,00 - 2,50 \text{ л/(с}\cdot\text{км}^2)$  басейни річок Кринка та Міус;

2) у зимовий період - в басейні р. Молочна (південно-західна частина території)  $\bar{q}_{\text{min}} = 0,40 \text{ л/(с}\cdot\text{км}^2)$  та значно збільшується у північно-східному напрямку до  $3,00 - 3,20 \text{ л/(с}\cdot\text{км}^2)$  басейни річок Кринка та Міус;

3) для визначення коефіцієнтів варіації встановлені розрахункові регіональні рівняння окремо для літньо-осіннього і зимового періодів;

4) коефіцієнт асиметрії рекомендовано приймати  $C_S = 2,0C_V$  для річок Приазов'я, як у літньо-осінній, так і у зимовий періоди.

ж) похибки побудованих карт ізоліній узагальнених середніх мінімальних 30-тидобових модулів стоку та регіональні рівняння для визначення коефіцієнтів варіації для річках Приазов'я відповідають точності вихідної інформації і вимогам діючого нормативного документу СНиП 2.10.14-83 ( $\sigma_{\bar{Q}_{\min}} < 15\%$ ,  $\sigma_{C_v} < 20\%$ ).

Запропонована регіональна методика визначення величини мінімального стоку за літньо-осінній та зимовий періоди дозволяє використовувати її без доробок і дозволяє більш надійно оцінювати стокові характеристики у межах на річках Приазов'я.



## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Руководство по гидрологической практике. Управление водными ресурсами и практика применения гидрологических методов. Всемирная Метеорологическая Организация (ВМО - №168). Шестое изд. 2012.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.6. Украина и Молдавия. Вып.3. Бассейн Северского Донца и реки Приазовья. Л.: Гидрометеиздат, 1967. 492 с.
3. Лобода Н.С., Божок Ю.В. Водні ресурси України ХХІ сторіччя за сценаріями змін клімату (RCP 8.5 та RCP 4.5) // Український гідрометеорологічний журнал. Одеса. ТЕС, № 17, 2016. С. 114-122.
4. Північно-Західне Приазов'я: геологія, геоморфологія, геолого-геоморфологічні процеси, геоекологічний стан: монографія / Л.М. Даценко, В.В. Молодиченко, О.В. Непша та ін.; відп. ред. Л.М. Даценко. Мелітополь: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2014. 308 с.
5. Гопченко Е.Д., Гушля А.В. Гидрология с основами водных мелиораций: Учебное пособие. Ленинград: Гидрометеиздат, 1989. 303 с.
6. Горбачова Л.О. Оцінка можливих майбутніх змін водного стоку річок України (на середину ХХІ століття). *Культура народів Причорномор'я*. 2014. № 267. С. 89-94.
7. Гопченко Е.Д., Лобода Н.С. Оценка возможных изменений водных ресурсов Украины в условиях глобального потепления // Гидробиологический журнал. 2000. Т. 36. №3. С. 67–78.
8. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Про деякі прийоми статистичного аналізу гідрологічних рядів // Тр. ГГИ. 1968.- вып.143- 110 с.
9. Лобода Н.С. Методи статистичного аналізу у гідрологічних розрахунках і прогнозах : навч. посіб. Одеса : Екологія, 2010. 184 с.
10. Гопченко Є.Д., Лобода Н.С., Овчарук В.А. Гідрологічні розрахунки : підруч. для студ. ВНЗ / Одес. гідрометеорол. ін-т. Одеса : ТЕС, 2014. 484 с.
11. Гоян Ю.О., Гопцій М.В., Кущенко Л.В. Особливості циклічності у коливаннях мінімального стоку у період межені на території Приазов'я за

сучасних кліматичних умов // Матеріали VIII Міжнародна наукова конференція молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». м. Харків, 2020. С. *подані до друку*.

12. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). К.: Ніка-Центр, 2010. 316 с.

13. Основные гидрологические характеристики. Бассейны Северского Донца, рек Крыма и Приазовья. Л.: Гидрометеиздат, 1963-1970, 1971-1975, 1976-1980 года.

14. Багаторічні дані спостережень за стоком річок. Басейн Сіверського Дінця та річки Приазов'я 1980-2000, 2001-2010, 2011-2015 роки

15. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т.2. Украинская ССР. Вып.3. Бассейны Северского Донца, рек Крыма и Приазовья. Л.: Гидрометеиздат, 1993, 1996, 2002, 2003 года

16. Жовнір В.В., Гребінь В.В. Аналітичний огляд досліджень мінімального стоку води // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2018. № 1 (48). С. 16-24

17. Владимиров А.М. Минимальный сток рек СССР. Гидрометеиздат, 1970. 214 с.

18. Вишневський В.І. Річки і водойми України. Стан і використання. К.: Віпол, 2000. 376 с.

19. Вишневський В.І., Косовець О.О. Гідрологічні характеристики річок України. К.: Ніка-центр, 2003. 324 с.

20. Лобода Н.С. Расчеты минимального стока зимней межени Верхнего Днестра на основе метода множественной регрессии. Метеорологія, кліматологія та гідрологія. 2004. Вип. 48. С. 468-472.

21. ZoohoKim&Vijay P. Singh Assessment of Environmental Flow Requirements by Entropy-Based Multi-Criteria Decision // Water Resources Management, 2014. Vol. 28, P 459–474. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11269-013-0493-y>

22. Christine F. Reilly Charles N. Kroll Estimation of 7-day, 10-year low-stream flow statistics using base flow correlation // Water Resources Research, Vol. 39, No. 9, 1236. <https://doi.org/10.1029/2002WR001740>

23. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик (СНиП 2.01.14-83). Ленинград : Гидрометеиздат, 1984. 447 с.

24. Гоян Ю.О., Гопцій М.В. Узагальнення модулів мінімального стоку на річках Приазов'я // Матеріали ХІХ наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ, 25-29 травня. Одеса: ОДЕКУ. 2020. С.127.

25. Гоян Ю.О., Гопцій М.В. Оцінка мінімального стоку на річках Приазов'я у період межені для збереження умов самоочищення вод // Матеріали Міжнародної наукової конференції молодих вчених «Регіональні проблеми охорони довкілля». Одеса: ОДЕКУ, 2020. С.34-39.

## ДОДАТКИ

## ДОДАТОК А

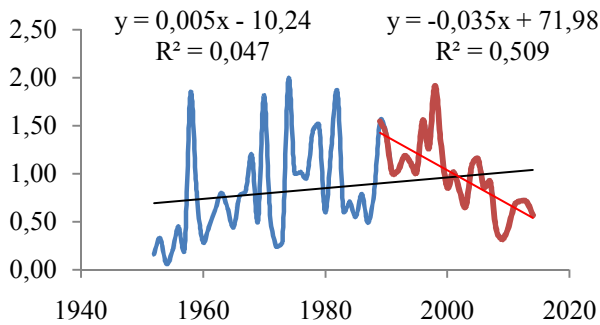
Таблиця А.1 - Основні гідрографічні характеристики водозборів річок Приазов'я

№ поста	Код поста	Річка – пост	Відстань $L$ , км		Уклон річки $I$ , ‰		Площа водозбору $F$ , км <sup>2</sup>	Середня висота $H_{\text{ср}}$ , м	Заболоченість $f_b$ , %	Лісистість $f_l$ , %	Розпаханість, %	Період спостереження
			від витoku	від найбільш віддаленої точки річкової мережі	середній	середньо-зважений						
311	83006	Молочна - с.Токмак	74	74	2,9	1,9	760	160	0	1	80	1950-1980
312	83012	Молочна - с.Терпіння	149	149	1,7	0,9	2780	110	<1	2	80	1957-2004
313		Корсак - с.Аннівка	16	24	5,4	4,4	194	90	0	<1	80	1954-72
314	83019	Лозуватка - с.Новоолексіївка	35	37	3,6	2,5	331	90	0	<1	80	1953-2015
315	83020	Обитічна - с. Шевченко	35	35	4,9	3,2	390	140	0	<1	80	1954-88
316	83022	Обитічна - м. Приморськ	83	83	2,5	1,5	1300	100	0	1	80	1938-40, 1950-2015
317	83023	Кільтиччя - с.Новотроїцьке	30	32	5,8	4,4	398	130	0	1	80	1949-51, 1953-88
318	83026	Берда - с.Захарівка	59	59	3,5	2,7	718	170	0	2	75	1963-2015
319	83027	Берда – с.Осипенко	106	106	2,3	1,4	1620	140	0	2	75	1915-18, 1926-30, 1933-40, 1950-2015
322		Кальміус - смт Приморське (Саргана)	192	192	1,2	0,7	3700	150	0	1	70	1928-41, 1950-69
323	83040	Мокра Волноваха - с.Миколаївка	16	16	8,2	5,1	194	210	0	1	70	1946-49, 1954-2015
325	83045	Кальчик - с.Кременівка	44	46	3,9	2,8	469	170	<1	<1	75	1958-2015
327		б.Полкова - с. Кременівка	14	17	9,5	9,5	63,0	150	0	0	75	1958-2014
329		Калець-х.Перемога	16	18	6,3	5,1	164	130	0	<1	85	1960-75
336	83066	Кріпенька - х.Чугуно-Крепинка	36	37	7,0	4,1	224	210	0	15	60	1963-88
340	83083	Вільхова - смт Олексієво-Орловка	21	22	7,1	4,4	272	240	0	2	55	1946, 1947, 1951-2014

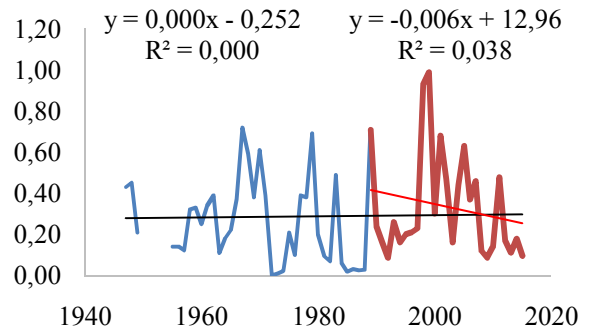
## ДОДАТОК Б

Визначення трендів у часових рядах мінімального стоку на річках Приазов'я

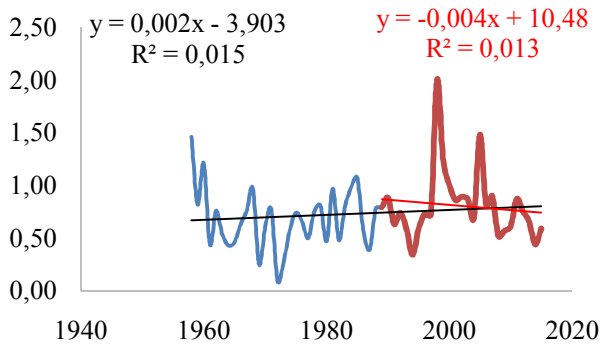
р. Вільхова - смтОлексієво-Орловка



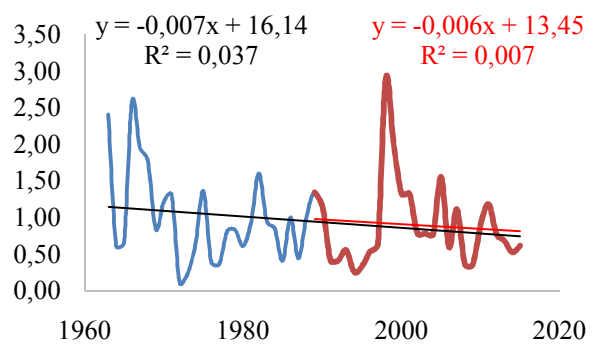
р. Мокра Волноваха – с. Миколаївка



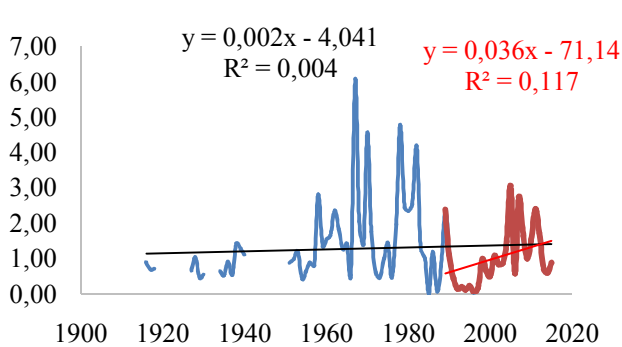
р. Кальчик– с. Кременівка



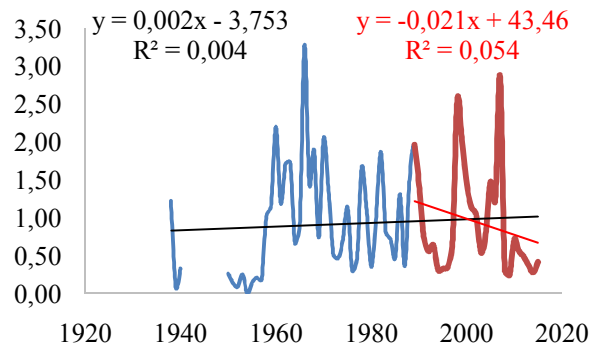
р.Берда – с. Захарівка



р. Берда – с. Осипенко



р. Обитічна – м. Приморськ



р. Лозуватка– с. Новоолексіївка

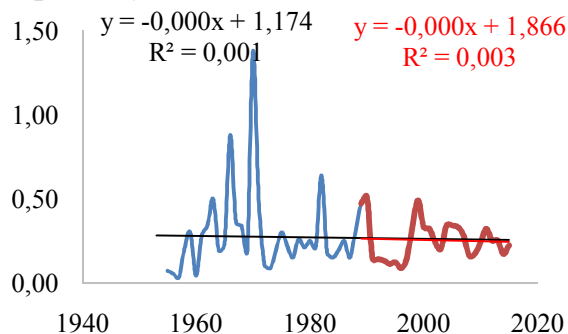
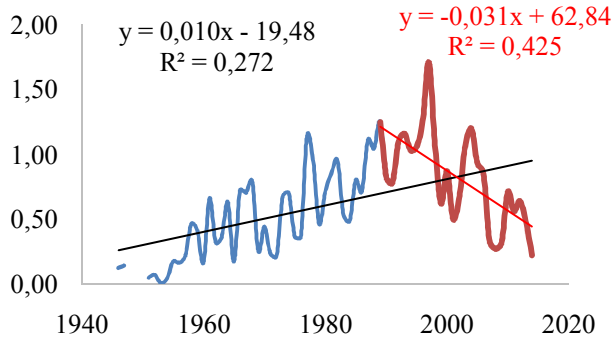
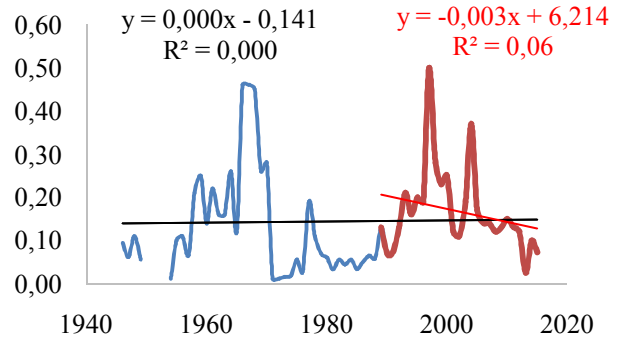


Рисунок Б.1 - Хронологічні графіки мінімальних витрат води за зимовий період на річках Приазов'я

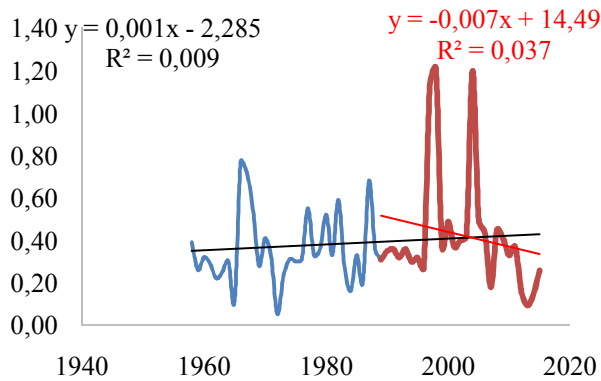
р. Вільхова - смтОлексієво-Орловка



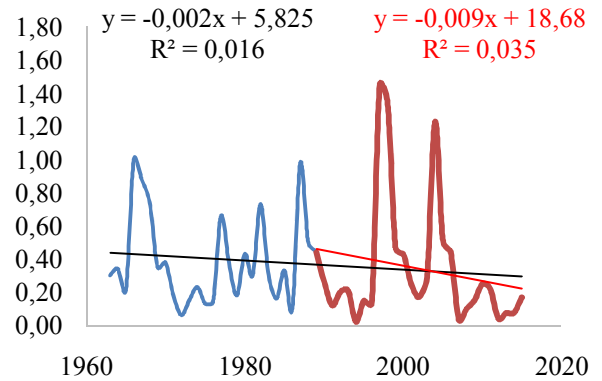
р. Мокра Волноваха – с. Миколаївка



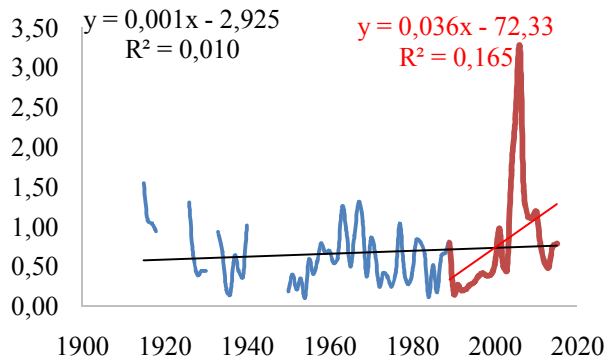
р. Кальчик– с. Кременівка



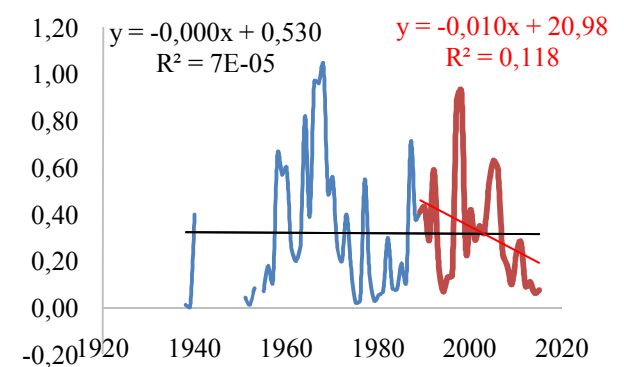
р. Берда – с. Захарівка



р. Берда – с. Осипенко



р. Обитічна– м.Приморськ



р. Лозуватка– с. Новоолексіївка

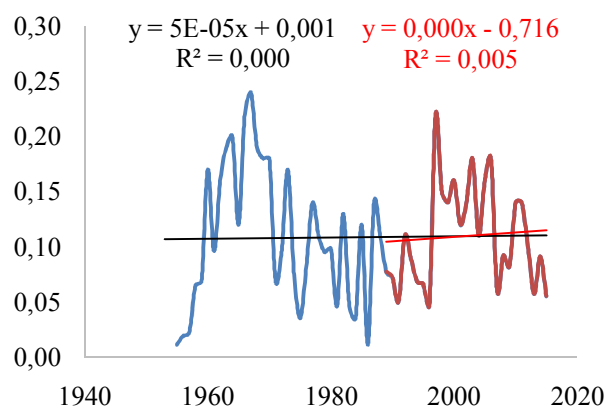


Рисунок Б.2 - Хронологічні графіки мінімальних витрат води за літньо-осінній період на річках Приазов'я

## ДОДАТОК В

### Результати узагальнення модулів мінімального стоку на річках Приазов'я

Таблиця В.1– Літньо-осінній період

№ з/п	Річка - пост	Площа водозбору $F$ , км <sup>2</sup>	$\bar{q}_{\min}$ , л/(с·км <sup>2</sup> )	$q_{80\%}$ , л/(с·км <sup>2</sup> )	$H_{\text{ср}}$ , м	$f_{\text{л}}$ , %	$f_{\text{б}}$ , %	$\varphi^0$ , півн. ш.	$(\varphi-48)^0$	$(\bar{q}_{\min})_{\phi=48^0}$ , л/(с·км <sup>2</sup> )	$(q_{80\%})_{\phi=48^0}$ , л/(с·км <sup>2</sup> )
1	Молочна - с.Токмак	760	0,424	0,226	160	1	0	47,23	-0,77	1,71	0,99
2	Молочна - с.Терпіння	2780	0,088	0,009	110	2	1	47,19	-0,81	1,44	0,81
3	Корсак - с.Аннівка	194	0,330	0,072	90	1	0	46,92	-1,08	2,14	1,14
4	Лозуватка - с.Новоолексіївка	331	0,326	0,181	90	1	0	46,92	-1,08	2,14	1,25
5	Обитічна - с. Шевченко	390	0,462	0,154	140	1	0	47,08	-0,92	2	1,06
6	Обитічна - м. Приморськ	1300	0,245	0,077	100	1	0	46,98	-1,02	1,95	1,08
7	Кільтиччя - с.Новотроїцьке	398	0,618	0,344	130	1	0				
8	Берда - с.Захарівка	718	0,510	0,138	170	2	0	47,25	-0,75	1,77	0,88
9	Берда – с.Осипенко	1620	0,415	0,156	140	2	0	47,15	-0,85	1,84	1,00
10	Кальміус - смт Приморське (Сартана)	3700	0,689	0,152	150	1	0	47,65	-0,35	1,28	0,50
11	Мокра Волноваха - с.Миколаївка	194	0,742	0,263	210	1	0	47,59	-0,41	1,43	0,67
12	Кальчик - с.Кременівка	469	0,832	0,407	170	1	1	47,43	-0,57	1,79	0,97
13	б.Полкова - с. Кременівка	63	1,170	0,873	150	0	0	47,41	-0,59	2,16	1,46
14	Калець-х.Перемога	164	0,524	0,238	130	1	0	47,23	-0,77	1,81	1,00
15	Кріпенька - х.Чугуно-Крепінка	224	2,50	1,61	210	15	0	48,11	0,11	2,27	1,50
16	Вільхова - смт Олексієво-Орловка	272	2,30	1,11	240	2	0	48,12	0,12	2,07	1,00



Таблиця Б.2–Зимовий період

№ з/п	Річка - пост	Площа водозбору F, км <sup>2</sup>	$\bar{q}_{\min}$ , л/(с·км <sup>2</sup> )	$q_{80\%}$ , л/(с·км <sup>2</sup> )	$H_{\text{ср}}$ , м	$f_{\text{л}}$ , %	$f_{\text{б}}$ , %	$\varphi^0$ , півн. ш.	$(\varphi-48)^0$	$(\bar{q}_{\min})_{\phi=48^0}$ л/(с·км <sup>2</sup> )	$(q_{80\%})_{\phi=48^0}$ л/(с·км <sup>2</sup> )
1	Молочна - с.Токмак	760	0,896	0,375	160	1	0	47,23	-0,77	2,33	1,33
2	Молочна - с.Терпіння	2780	0,373	0,068	110	2	1	47,19	-0,81	1,89	1,08
3	Корсак - с.Аннівка	194	1,33	0,536	90	1	0	46,92	-1,08	3,35	1,88
4	Лозуватка - с.Новоолексіївка	331	0,813	0,287	90	1	0	46,92	-1,08	2,83	1,63
5	Обитічна - с. Шевченко	390	1,33	0,633	140	1	0	47,08	-0,92	3,05	1,78
6	Обитічна - м. Приморськ	1300	0,72	0,272	100	1	0	46,98	-1,02	2,63	1,54
7	Кільтиччя - с.Новотроїцьке	398	1,08	0,59	130	1	0				
8	Берда - с.Захарівка	718	1,31	0,613	170	2	0	47,25	-0,75	2,71	1,55
9	Берда – с.Осипенко	1620	0,802	0,254	140	2	0	47,15	-0,85	2,39	1,31
10	Кальміус - смт Приморське (Сартана)	3700	1,24	0,379	150	1	0	47,65	-0,35	1,89	0,815
11	Мокра Волноваха - с.Миколаївка	194	1,49	0,541	210	1	0	47,59	-0,41	2,26	1,05
12	Кальчик - с.Кременівка	469	1,57	0,994	170	1	1	47,43	-0,57	2,64	1,7
13	б.Полкова - с. Кременівка	63	1,97	1,17	150	0	0	47,41	-0,59	3,07	1,91
14	Калець-х.Перемога	164	1,16	0,677	130	1	0	47,23	-0,77	2,6	1,64
15	Кріпенька - х.Чугуно- Крепінка	224	3,27	2,17	210	15	0	48,11	0,11	3,06	2,04
16	Вільхова - смт Олексієво- Орловка	272	3,19	1,74	240	2	0	48,12	0,12	2,97	1,59