

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут
Кафедра гідрології суші

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: «Визначення та узагальнення головних характеристик річного стоку
на прикладі річок Приазов'я»

Виконав: студент 2-го року навчання гр. МЗГ-18
спеціальність 103 –«Наука про Землю»
освітньо-професійна програма «Гідрологія»
Григор'єв Гліб Ігорович

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

Консультант _____

Рецензент канд. геогр. наук, доцент
Романчук Марина Євгенівна

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри гідрології суші
д.геогр.н., проф. Шакірманова Ж.Р. _____
“___” _____ 2019 року

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

Григор'єву Глібу Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Визначення та узагальнення головних характеристик річного стоку на прикладі річок Приазов'я

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 18.10.2019 року № 235-С

2. Строк подання студентом роботи 06.12.2019 р.

3. Вихідні дані до роботи Часові ряди річного стоку (за весь період спостережень по 2015 рік) в басейні річок. Приазов'я

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

На основі отриманих даних спостережень за річним стоком розглянутій території виконати статистичну обробка часових рядів , перевірити на однорідність існуючи ряди спостережень за річним стоком. Проаналізувати циклічність для розрахунку норми річного стоку. Визначити норму річного стоку, виявити вплив на неї місцевих факторів та широтного положення в басейні річок Приазов'я. Просторово узагальнити головну характеристику річного стоку (норму).

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

Побудувати карту-схему розташування гідрологічних постів басейна річок Приазов'я, побудувати сумісний графік різницевої інтегральних кривих, залежності середньорічних модулів річного стоку від широтного положення, від лісистості досліджуваного району. Узагальнити середньорічні модулів стоку по території у вигляді карти ізоліній норми річного стоку.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 28.10.2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Збір матеріалів вихідних даних середньорічних модулів стоку досліджуваного басейну та опис фізико-географічна характеристика	28.10-30.10. 2019	85	добре
2	Виконати статистичну обробку часових рядів річного соку	31.10-05.11. 2019	80	добре
3	Визначення та аналіз циклічності у рядах річного стоку в басейні річок Приазов'я	06.11.-20.11. 2019	80	добре
	Рубіжна атестація	18.11-23.11. 2019		
4	Визначення впливу місцевих факторів на норму стоку у досліджуваній території	22.11-28.11. 2019	85	добре
5	Просторове узагальнення норми річного стоку в басейні річок Приазов'я	29.11-01.12. 2019	80	добре
6	Оформлення роботи	02.12-06.12. 2019		
	Перевірка на плагіат, підписання авторського договору	06.12-09.12.19		
	Підготовка доповіді, презентації	09.12-19.12.19		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		83	добре

Магістр _____ **Григор'єв Г.І.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

⋮

Керівник роботи _____ **Бурлуцька М.Е.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Актуальність. Розрахункові характеристики річного стоку, розраховуються у відповідності з вимогами нормативного документу СНіП 2.01.14-83. Нормативний документ ґрунтується на вихідних даних спостережень, які відносяться до 1980 року. За цей період ряди річного стоку суттєво поповнились новими даними. Тому доцільним є уточнення розрахункових характеристик річного стоку.

Об'єкт дослідження - річний стік в басейні річок Приазов'я.

Мета роботи – визначити тривалість періодів спостережень за стоком річок Приазов'я для встановлення розрахункових значень для середнього річного стоку(норми). Виявити вплив на норму річного стоку місцевих факторів та широтного положення в басейні річок Приазов'я.

Методи дослідження. Розрахунок статистичних параметрів річного стоку методом моментів та найбільшої правдоподібності, перевірка часових рядів річного стоку на однорідність. Визначення циклічності методом різницевих інтегральних кривих, узагальнення важливої характеристики річного стоку.

Результати, їх новизна, теретичне та практичне значення: За методикою, викладеною в роботі, можливо визначати норму річного стоку за допомогою побудованої карти ізоліній розглянутої території. Розроблена методика узагальнення по території норми річного стоку у вигляді карт ізоліній для річок Приазов'я.

Рекомендації щодо використання результатів роботи з зазначенням галузі застосування: Запропоновану методику можна використовувати для визначення розрахункових характеристик річного стоку за відсутності систематичних вимірювань стоку і відповідно часових рядів в басейні річок Приазов'я.

Структура і обсяг роботи:

Кількість сторінок – 91

Кількість рисунків – 10

Кількість таблиць – 6

Кількість літературних джерел – 14

Перелік ключових слів: *норма, просторове узагальнення модулів стоку, географічна зональність, ізолінії стокових характеристик.*

SUMMARY

Actuality of theme. The estimated characteristics of the annual runoff are calculated in accordance with the requirements of the normative document SNiP 2.01.14-83. The normative document is based on the original observational data that relates to 1980. During this period, the series of annual flow significantly replenished with new data. Therefore, it is expedient to clarify the calculation characteristics the annual flow.

Object of study. Annual runoff in the basin of Azov region rivers.

The purpose of research – determine the duration of the annual runoff observation period, determine the effect on these characteristics of local factors and latitudinal position in the basin of the Azov region rivers.

Research methods. The statistical processing of time series was performed, including the homogeneity of the existing series of observations for annual drainage. The cyclicity for calculating the annual runoff norm has been determined and analyzed. Generalization of the characteristics of the annual runoff.

Theoretical and practical importance. According to the method outlined in the work, it is possible to determine the norm of the annual flow with the help of the constructed map of contour lines in the area under consideration.

The proposed method can be used to determine the estimated characteristics of annual runoff in the absence of systematic measurements of runoff and, respectively, time series in the basin of the basin the Azov region rivers.

Structure and scope of work:

Number of Pages - 91

Number of figures - 10

Number of tables – 6

Number of sources used – 14

Keywords: *annual runoff, spatial generalization, geographical zoning, contour lines, stock characteristics.*

ЗМІСТ

Вступ	8
1 Фізико-географічна характеристика басейну річок Приазов'я	10
1.1 Географічне положення, рельєф	10
1.2 Ґрунти	12
1.3 Рослинність	14
1.4 Кліматична характеристика	16
2 Гідрологічна вивченість і особливості водного режиму річок Приазов'я	19
2.1 Гідрологічна вивченість	19
2.2 Водний режим	25
2.3 Чинники формування річного стоку в басейні річок Приазов'я.....	25
3 Методи розрахунку статистичних параметрів стоку	28
3.1 Метод моментів	28
3.2 Метод найбільшої правдоподібності	31
3.3 Точність обчислення параметрів статистичного розподілу	32
3.4 Аналіз результатів визначення статистичних параметрів часових рядів річного стоку в басейні річок Приазов'я	34
3.5 Дослідження статистичної однорідності	35
3.6 Основні етапи аналізу однорідності рядів спостережень	36
3.7 Визначення статистичної однорідності та вияв тренду у рядах річного стоку в басейні річок Приазов'я	41
4 Циклічність часових рядів річного стоку	46
4.1 Метод ковзного осереднення	47
4.2 Виділення циклів водності за допомогою різницевих інтегральних кривих	48
4.3 Аналіз циклічності часових рядів річного стоку в басейні Приазов'я	50
5 Методи оцінювання норми річного стоку	52
5.1 Карти параметрів розподілу річного стоку	53

5.2	Узагальнення норми річного стоку в басейнах річок Приазов'я ...	54
5.3	Перевірочні розрахунки	59
	Висновки	64
	Список використаних джерел.....	66
	Додаток А	68
	Додаток Б	70
	Додаток В	71
	Додаток Г	82

ВСТУП

Коли розглядається річний стік, вводиться таке поняття як норма.

Норма – статистична характеристика середнього значення за багаторічний період такої довжини, під час збільшення якої середнє значення суттєво не змінюється.

Розрахунки норми річного стоку ведуться при наявності спостережень за стоком, при коротких рядах спостережень та за відсутності систематичних вимірювань стоку.

При наявності спостережень слід розрахувати головні статистичні параметри стоку такі, як середнє значення ряду, коефіцієнт варіації та коефіцієнт асиметрії (\bar{q} , C_v , C_s). Ці параметри описують властивості кривих розподілу (біноміального розподілу Пірсона III типу, трипараметричного розподілу С.М. Крицького та М.Ф. Менкеля). Ця задача вирішується за методом моментів і методом найбільшої правдоподібності. Після виконаних розрахунків слід обчислити приблизні значення статистичних параметрів. Мірою точності є середня квадратична похибка.

Часові ряди мають деяку закономірність у вигляді групування багатоводних або маловодних років різної тривалості. При розрахунках річного стоку врахувати цю обставину можна внесенням в розрахунковий ряд річного стоку однакової кількості багатоводних або маловодних груп водності. В противному разі можна отримати велику помилку. Допустима похибка обчислення норми річного стоку, відповідно до точності вихідної інформації, перебуває в межах 5-10%.

На формування стоку річок впливає підстильна поверхня (рельєф, лісистість, наявність озер та боліт, ґрунти та інше) та кліматичні чинники за відсутності спостережень за стоком

Мета магістерської роботи – визначення та узагальнення норми річного стоку в межах басейну річок Приазов'я.

У роботі використані дані середньорічних модулів стоку по 26 гідрологічних постах з періодом спостережень від початку по 2015 рік включно.

Робота складається з 5 глав.

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНУ РІЧОК ПРИАЗОВ'Я

1.1 Географічне положення, рельєф

Дана територія розташована на півдні України, на північному узбережжі Азовського моря. До басейну північного узбережжя Азовського моря відносяться невеликі по протяжності і водності річки, що стікають з південних схилів Приазовської височини - Донецького кряжа - річки Молочна, Обитічна, Берда, Кальміус, Міус (рис. 1.1). Приазовська височина, що відповідає Приазовському кристалічному масиву, є вторинною рівниною, форми поверхні якої обумовлені процесами денудації кристалічних порід і акумуляції третинних і четвертинних відкладень. Відмітки поверхні Приазовської височини складають в найбільш піднесеній частині близько 300 м, проте окремі вершини декілька перевищують цю висоту. Значні різниці висот на невеликих відстанях обуславлюють інтенсивну розчленовану поверхню [1].

На головному вододілі Приазовської височини в багатьох місцях оголюються кристалічні породи у вигляді окремих горбів, виступів. На південь від головного вододілу, де кристалічні породи покриті третинними і четвертинними відкладеннями і виходять на денну поверхню лише в схилах і днищах річкових долин, поверхня має рівнинний характер.

На південь Приазовська височина переходить в Приазовську низовину, поверхня якої нахилена у бік Азовського моря і обривається до нього уступом. Північне узбережжя Азовського моря в результаті молодих опускань суші інтенсивно підмивається морем, і берег відступає у бік суші. Значна роль в руйнуванні берега належить зсувним процесам. Накопичення зсувних мас і зміщені блоки утворюють смуги шириною до 200 - 300 м. Вельми характерним елементом рельєфу північного узбережжя Азовського

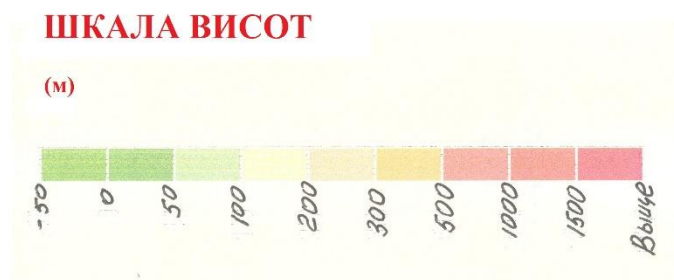
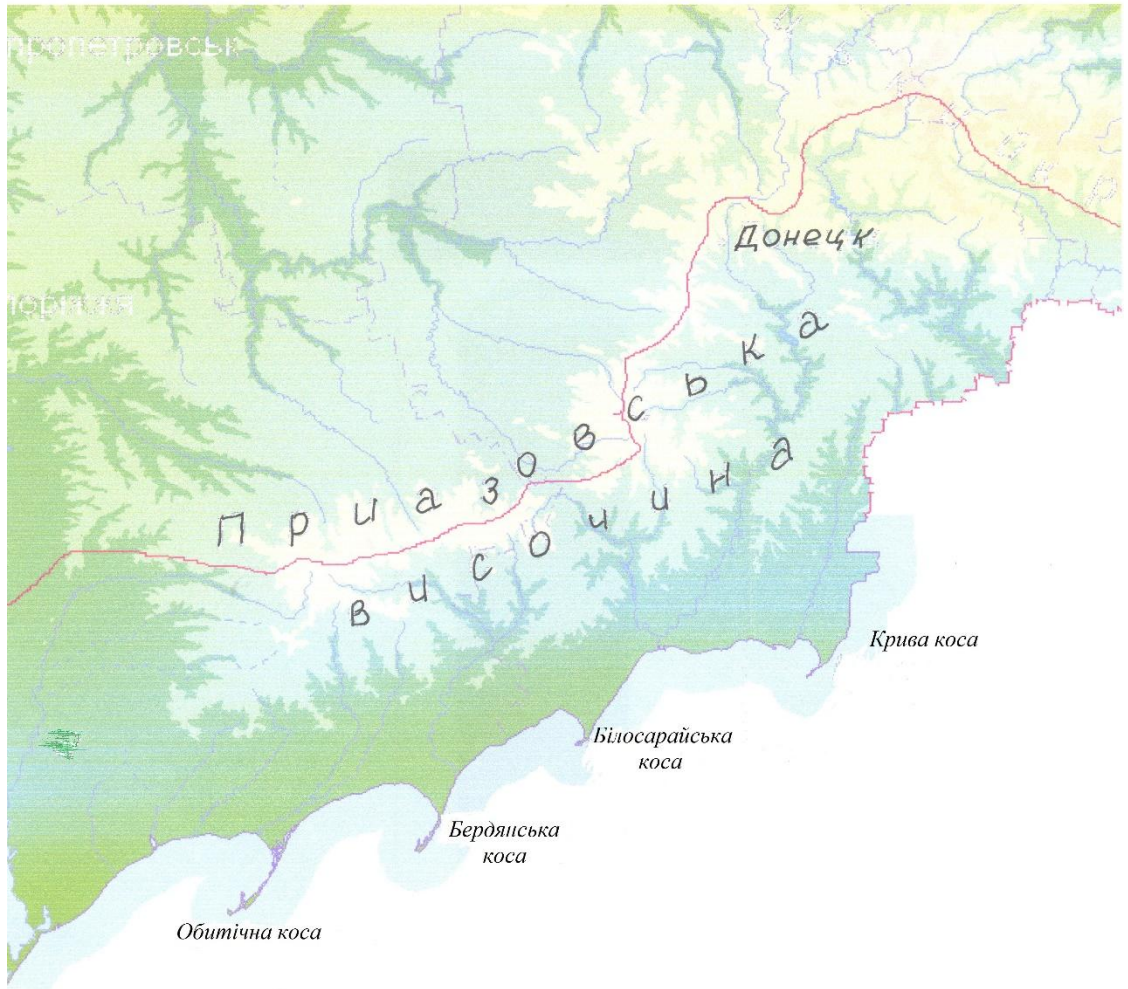


Рисунок 1.1 – Географічне положення басейну річок Приазов'я

моря є коси і пересипи. Косами є акумулятивні утворення, складені пісками і черепашниками, що піднімаються над рівнем моря на декілька метрів.

1.2 Ґрунти

Ґрунтовий покрив в межах описуваного району неоднорідний, в його просторовій зміні спостерігається кліматична зональність (рис. 1.2).

Північно-східна частина району зайнята потужними звичайними малогумусними чорноземами. За ними в напрямі на захід і південний захід уздовж узбережжя Азовського моря поширені чорноземи південні, які потім переходять в зону темно - каштанових і каштанових ґрунтів, що тягнуться до Сивашу.

Чорноземи звичайні малогумусні потужні в межах описуваного району поширені на захід від Дона, займають порівняно нешироку смугу, що протягнулася уздовж північного узбережжя Азовського моря. Приблизно у 20 км на схід від долини річки Берда вони змінювалися південними чорноземами. Потужність цих чорноземів складає 80-100 см. Вміст гумусу в них 4-5,5%. По механічному складу дані чорноземи тяжелосугліністі і легкогліністі [1].

Чорноземи південні в даному районі займають відносно невелику територію на захід від звичайних малогумусних потужних чорноземів. При цьому в їх заляганні спостерігається певна залежність від висоти місцевості. У північній більш зволоженій підзоні південних чорноземів, що характеризується відносно глибоким (3-3,5 м) заляганням солей, ґрунти володіють слабкими ознаками фізичної солонцюватості, тоді як в південній підзоні, що граничить з темно - каштановими ґрунтами вони виявляють явні ознаки фізичної солонцюватості. Таким чином, зона південних чорноземів



1 – чорноземи звичайні малогумусні потужні; 2 – чорноземи звичайні середньогумусні; 3 – чорноземи звичайні малогумусні; 4 – чорноземи звичайні малогумусні малопотужні; 5 – чорноземи південні; 6 – чорноземи південні слабкосолонцюваті; 7 – чорноземи на плотних породах; 8 – темно-каштанові слабкосолонцюваті; 9 – каштанові ґрунти; 10 – осолоделі ґрунти подів

Рисунок 1.2 – Ґрунти Приазов'я

поділяється на дві підзони: південних чорноземів несолонцеватих; південних чорноземів солонцеватих.

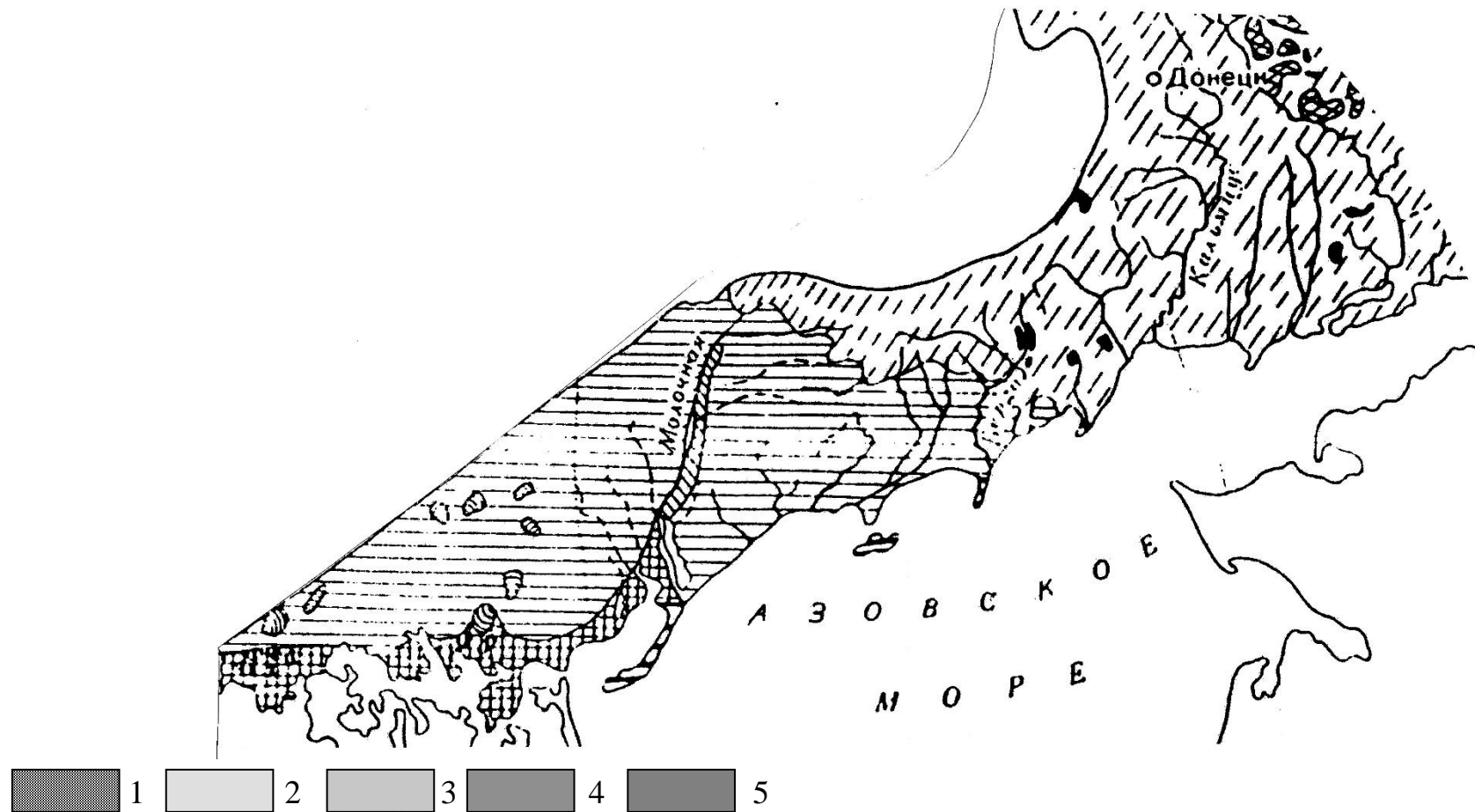
Каштанові ґрунти невеликими масивами з'являються на північний схід від Молочного лиману, де вони покривають пониззя р. Молочної.

Лугово-чорноземні ґрунти розвинені в заплавах річок і долинах балок. За змістом солей вони можуть бути підрозділені на вилужені і засолені. Перші поширені у верхів'ях і середньої течії річок Берди, Обитічної, Лозоватки, Молочної і ін., другі - в низов'ях річок. Використовуються лугово-чорноземні ґрунти переважно під овочеві і кормові культури. Тут широко розвинене зрошування, яке у ряді випадків із-за неправильного вживання викликає посилення солонцюватості і засолення ґрунтів [1].

1.3 Рослинність

Рослинність водозборів Приазов'я відображає фізико-географічні особливості досліджуваного регіону. Для цієї зони в минулому були характерні різнотравно-типчакково-ковилкові степи. Тепер ці степи суцільно розорані.

Вся територія Приазов'я розташована в степовій зоні, в якій можна виділити три геоботанічні округи (рис. 1.3). Приазовський округ різнотравно-типчакково-ковилкових степів займає північну частину Приазов'я від гирла р. Кальчик на заході, до р. Дон на сході. Для цього округу характерною є відсутність природних лісів. Зустрічаються полезахисні смуги, а також зарості чагарників. У нижніх частинах схилів долин річок і балок зустрічаються чагарники степової вишні, бересклету європейського, бузини чорною і декілька видів шипшини. Ці чагарники грають велику ґрунтозахисну роль і підлягають охороні [1].



1- дубово-соснові леси із сосни звичайної і дуба черешчатого; 2 – сільськогосподарські угіддя на місці різнотравно-типчакowo -ковильних степів; 3 - сільськогосподарські угіддя на місці різнотравно-типчакowo -ковильних кам'янистих степів; 4 – полинно-злакові степи; 5 - сільськогосподарські угіддя на місці супіщаних степів терас річок в поєднанні з рослинністю пісків, лугів і лісів

Рисунок 1.3 – Рослинність Приазов'я

Заплави в долинах річок цього округу мало розвинені. Підвищені частини їх розорані і використовуються під городні культури. На невеликих ділянках зустрічаються остепнені луги з пануванням тіпчака, на нижчих місцях - фрагменти справжніх луків.

Велику роль в межах розглянутої території грають лісосмуги. Вони роблять благотворний вплив на кліматичний режим: зменшують швидкість вітру, знижують випаровуваність, підвищують відносну вологість повітря під час суховіїв і кілька знижують температуру. Крім того, лісосмуги запобігають ерозії ґрунтів.

Залісеність схилів долин річок має велике народногосподарське значення. Випас худоби на схилах балок має бути строго нормований. Мелітопольський округ тіпчаково-ковилових степів і низовинних луків тягнеться від південного кордону Приазовського округу до підзони полиново-злакових степів по лінії Генічеськ – Скадовськ. По території цього округу протікають річки Молочна, Обитічна з їх припливами і нижня частина р. Берда.

1.4 Кліматична характеристика

На земній кулі зміни клімату не скрізь однакові і мають свої регіональні особливості. Такі особливості характерні і для території України, де антропогенне навантаження посилюється на регіональному та локальному рівнях [2].

Територія Приазов'я відрізняється помірно-континентальним кліматом.

По своєму географічному положенню досліджуваний район знаходиться під впливом повітряних мас, що прийшли з Атлантики, Арктичного басейну або що сформувалися над обширними континентальними територіями Євразії.

Температура повітря. Температурний режим Приазов'я нестійкий. Різниця між середніми багатолітніми температурами досягає 5° і більш. У холодний період року цей район знаходиться під переважаючою дією відрогів малорухливих антициклонів.

Ці процеси викликають похолодання, з ними пов'язані найнижчі мінімальні температури. Періоди морозної погоди часто змінювалися тривалою відлигою, обумовленою виходом на Україну південних або південно-західних циклонів. Найхолодніший місяць року - січень. Середньомісячна температура в Приазов'ї в січні до $-3, -4^{\circ}$.

Починаючи з січня спостерігається спочатку незначне, а в квітні-травні істотніше підвищення температури. Температурний режим формується головним чином за рахунок прогрівання повітря. У найтеплішому місяці року - липні температура повітря складає $21-23^{\circ}$. Середня багатолітня річна температура складає $9.0 - 10.0^{\circ}$ [1].

Опади. Район Приазов'я є посушливим (350 - 400 мм за рік). Річний хід опадів для Приазов'я характеризується максимумом в червні і в липні (40-50 мм). Чіткого мінімуму тут не спостерігається. Річна амплітуда приблизно 25 мм.

Сніговий покрив. Основне живлення річки Приазов'я отримують за рахунок весняного снігорозтавання. Перший сніг рідко лежить всю зиму. З поверненням тепла він тоне, а потім знову випадає і лежить вже не менше місяця. Стійкий сніговий покрив встановлюється в кінці грудня - початку січня. На побережжі Азовського моря стійкий сніговий покрив буває рідко - лише в окремі зими.

Середня з максимальних висот снігового покриву в районі Приазов'я досягає 10 см.

За середніми багатолітніми даними період снігорозтавання в Приазов'ї складає 15-20 днів, в південній частині описуваного району сніг сходить менш ніж за 10 днів.

Вітер. Вітровий режим описуваного району формується під впливом циркуляційних процесів і особливостей рельєфу.

У холодне півріччя, з листопада по квітень, найбільш процесом, що часто повторюється, є західна периферія гребенів високого тиску, направлених на Україну з Південного Уралу або Казахстану.

У травні, червні і серпні часто спостерігається жаркий сухий вітер - суховій. У 75 % випадків суховій має східний напрям.

У жовтні - початку листопада спостерігається перехід від літніх процесів до зимових. Східний вітер і тепер повторюється найчастіше. Таким чином, на даній території найчастіше буває вітер східного напрямку з відхиленнями до південного сходу або до північного сходу. Найбільше значення середніх місячних швидкостей вітру у всьому районі спостерігається в січні - березні, на різних станціях вони коливаються від 3,4 до 7,4 м/с. У теж час наголошується і мінімальне число штилів [1].

Зміни характеристик підстильної поверхні викликають також важливі обернені зв'язки, оскільки зміна клімату антропогенного походження впливає на стан земної поверхні (наприклад, зволоженість ґрунту альbedo, нерівність поверхні й рослинності). При цьому, такі зміни можуть впливати на глобальний клімат [3].

2 ГІДРОЛОГІЧНА ВИВЧЕНІСТЬ І ОСОБЛИВОСТІ ВОДНОГО РЕЖИМУ РІЧОК ПРИАЗОВ'Я

2.1 Гідрологічна вивченість

Поверхня України покрояна мережею річкових долин, балок і ярів з численними водотоками, починаючи від маленьких струмочків періодичної дії до великих річок, таких як Сіверський Донець.

Понад 120 річок, довжиною 10 км і більше знаходиться в районах України, прилеглих до північного узбережжя Азовського моря. Основні річки цього району: Молочна, Обитічна, Берда, Кальміус і Міус, які впадають в Азовське море та його лимани і затоки [4].

Формування гідрографічної мережі та режим поверхневого стоку річок Приазов'я значною мірою залежить від геолого-геоморфологічних особливостей території.

Поверхня басейну річки впливає на названі характеристики як безпосередньо, обумовлюючи довжину, похил і форму схилів, падіння та морфометричні особливості русел тощо, так і через інші компоненти ландшафту, які тісно пов'язані з рельєфом (грунти і рослинність) [5].

Середня густина річкової мережі для річок Приазов'я дорівнює 0, 28 км/км² [6].

На північному узбережжі Азовського моря протікають малі і середні річки, що стікають з південних схилів Приазовської височини. До значних річок Приазов'я відносяться Молочна, Обитічна, Берда, Кальміус, Кальчик, Міус.

На розглянутій території спостереження за річним стоком ведуться на 26 постах від початку спостережень по 2015 рік включно. Схема розташування гідрологічних постів в басейні річок Приазов'я наведена на рис. 2.1. Основні гідрографічні характеристики наведені у таблиці 2.1.

Період спостережень змінюється від 17 років (р. Корсак – с. Аннівка, балка Полкова – с.Кременівка) до 75 років (р. Кальчик – м. Маріуполь) (табл. 2.2). Діапазон площ змінюється в межах від 63 км² (б. Полкова – с. Кременівка) до 5780 км² (р. Міус – с. Матвіїв Курган) (табл. 2.3).

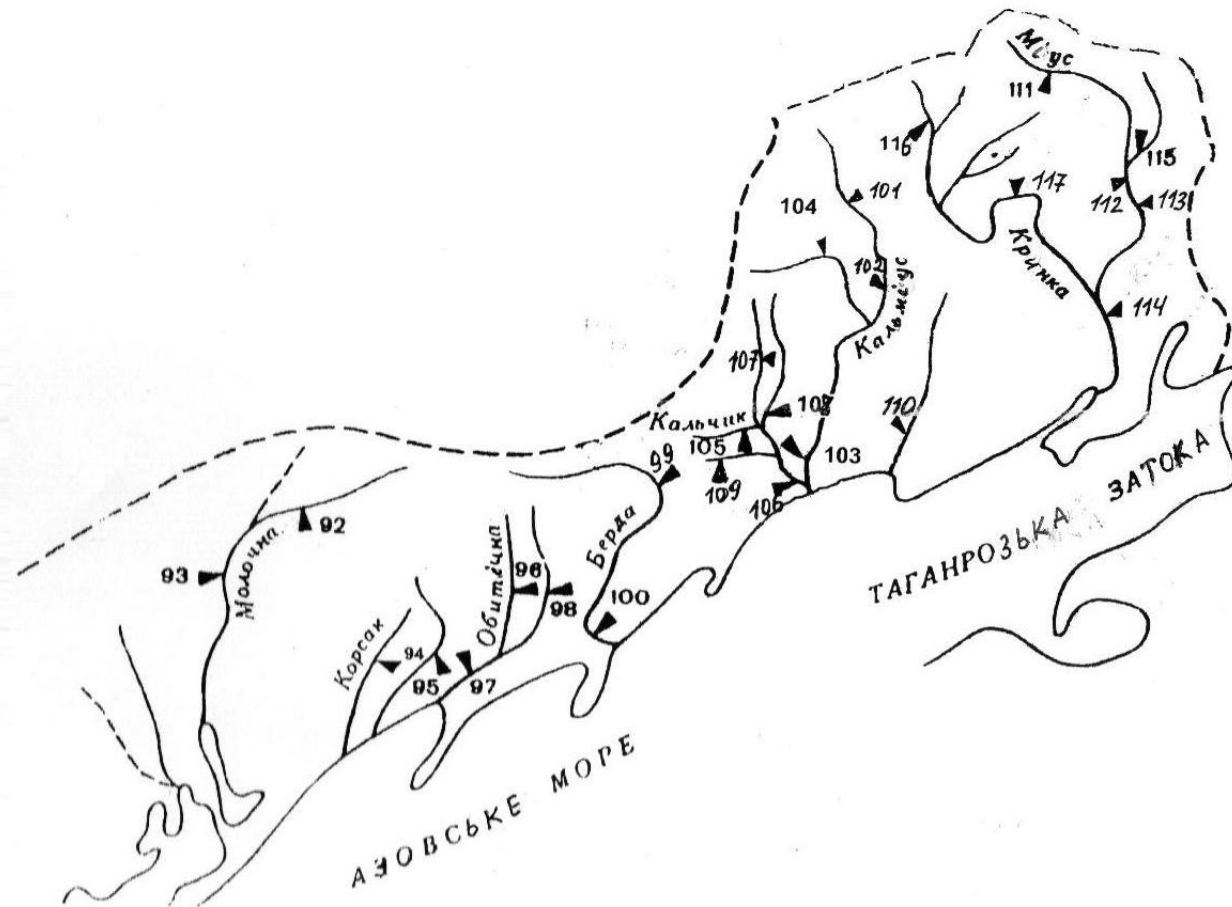


Рисунок 2.1 - Карта-схема розташування пунктів гідрологічних спостережень в басейні річок Приазов'я

Таблиця 2.1 – Основні гідрографічні характеристики водозборів річок Приазов'я

№ п/п	№ за картою	Річка - пост	L , км	I_{cp} , %	F , км ²	H_{cp} , м	f_o , %	f_l , %	f_b , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	92	р.Молочна - м. Токмак	74	1,9	760	160	<1	1	0
2	93	р.Молочна - с.Терпіння	149	0,9	2780	110	<1	2	<1
3	94	р.Корсак – с.Аннівка	16	4,4	194	90	0	<1	0
4	95	р.Лозуватка - с. Новоолексіївка	35	2,5	331	90	0	<1	0
5	96	р.Обитічна – с.Шевченко	35	3,2	390	140	<1	<1	0
6	97	р.Обитічна - м. Приморськ	83	1,5	1330	100	<1	1	0
7	98	р.Кільтиця - с. Новотроїцьке	30	4,4	398	130	<1	1	0
8	99	р.Берда- с.Захарівка	59	2,7	718	170	<1	2	0
9	100	р.Берда - с. Осипенко	106	1,4	1620	140	<1	2	0
10	101	р.Кальміус – смт Авдот'їно	26	2,9	263	200	<1	3	0
11	102	р.Кальміус – с.Роздольне	97	0,8	1690	170	<1	2	0
12	103	Кальміус – смт Приморське	192	0,7	3700	150	<1	1	1
13	104	р.Мокра Волноваха – с.Миколаївка	16	5,1	194	210	0	1	0
14	105	р.Кальчик - с. Кременівка	44	2,8	469	170	<1	<1	<1
15	106	р.Кальчик – м. Маріуполь	80	1,6	1250	140	<1	1	<1
16	107	р.балка Полкова – с.Кременівка	14	9,5	63	150	<1	0	0
17	108	р.М.Кальчик - с. Кременівка	37	4,1	270	160	<1	<1	0
18	109	р.Калец – с. Перемога	16	5,1	164	130	<1	<1	0
19	110	р.Грузській Єланчик – с.Гусельщикове	83	0,8	1190	100	<1	1	0

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	111	р.Міус - с. Стрюкове	17	14	142	260	0	8	0
21	112	р.Міус - с. Дмитрівка	77	1,6	2090	200	0	5	0
22	113	р.Міус – с.Куйбишеве	106	1,1	2450	190	0	4	0
23	114	р.Міус – с.Матвіїв Курган	193	0,5	5780	170	0	3	0
24	115	р. Крепенька - х. Чугуно-Крепінка	36	4,1	224	210	<1	15	0
25	116	р.Кринка - с. Новоселівка	5	2,8	582	230	<1	7	0
26	117	р.Кринка – смт Благодатне	94	1,1	1690	210	<1	4	0

Таблиця 2.2 - Розподіл постів за тривалістю спостережень в басейні річок Приазов'я

Кількість років спостережень	<20	20 - 40	40 - 60	>60	Всього
Кількість постів	5	5	12	4	26

Таблиця 2.3 - Розподіл постів за величиною площ водозборів в басейні річок Приазов'я

Площа водозбору F , км ²	<100	100-500	500-1000	1000-2000	>2000	Всього
Кількість постів	1	11	3	6	5	26

2.2 Водний режим

В період весняної повені досліджувана територія затопляється водою шаром від 0,8 - 1,5 м до 2 - 3 м. Річки звивисті, особливо в нижній течії. Глибина змінюється від 0,2-0,5 м у верхів'ях, до 1-3 м і навіть 5м - у нижній течії. Річки характеризуються незначними швидкостями течії, які в межень близькі до нульових, найчастіше вони рівні 0,2 - 0,3 м/сек, в період весняної повені - 0,5 - 0,8 м/сек.

Водозбори річок Приазов'я знаходяться на висоті 130-150 м. Малі річки, що безпосередньо впадають в морі, мають середню висоту водозбору 90-100 м. Середній ухил водозборів більшості річок району складає 45%.

На річках Приазов'я значне поширення мають штучні водоймища - водосховища і ставки, які використовуються для водопостачання, гідроенергетики, рибного господарства, зрошування і інших народногосподарських потреб.

2.3 Чинники формування річного стоку в басейні річок Приазов'я

Стік річок Приазов'я формується під впливом складної взаємодії фізико-географічних чинників, які поділяються на дві групи: кліматичні та підстильної поверхні. До головних кліматичних чинників відносяться: атмосферні опади, випаровування, температура повітря та ґрунтів. До чинників підстильної поверхні слід віднести геологічну будову, рельєф, ґрунти, рослинність.

Формування гідрографічної мережі та режим поверхневого стоку річок Приазов'я значною мірою залежить від геолого-геоморфологічних особливостей території [6].

Визначальний вплив на формування стоку річок мають кліматичні фактори. Стік води за рік, за період весняної повені та дощових паводків

залежить, головним чином, від атмосферних опадів. У кліматичних умовах Приазов'я першорядне значення у формуванні стоку має сніговий покрив. У весняний період танення снігу зумовлює виникнення повені. Внаслідок інфільтрації талих вод відбувається посилене живлення підземних вод. Процес формування дощових паводків визначається сполученням інтенсивності дощу, площі його розповсюдження, умов увібрання води ґрунтами, а також затримування води в пониженнях рельєфу .

З температурним режимом пов'язані процеси танення снігу, замерзання та скресання водоймищ, умови протікання води у руслі, випаровування з поверхні басейну [5].

Вплив кліматичних чинників на формування стоку річок залежить від факторів підстильної поверхні, які зумовлюють втрати стоку й умови стікання та досягнення водою замикального створу.

Існують відмінності у температурі повітря. Більші вони влітку, коли послаблюється роль циркуляційних процесів. У цей час значні рівнинні простори сприяють трансформації повітряних мас, що надходять ззовні. У холодний період року зростає роль циркуляційних процесів [2].

Рельєф басейну річок Приазов'я впливає на кількість, характер і розподіл опадів по території водозбору, температуру повітря та умови стікання води по поверхні.

Вплив лісу на формування стоку має складний характер. З одного боку, ліс збільшує кількість опадів внаслідок відмінності динамічної шорсткості лісних і безлісних територій. З іншого боку, ліс кронами дерев затримує частку опадів, які потім випаровуються. На розглянутій території відсоток залісеності дуже низкий, тому на річний стік залісеність мало впливає.

Геологічна будова і ґрунти зумовлюють інтенсивність просочування атмосферних опадів та істотно впливають на формування поверхневого і підземного стоку басейну.

Одним із чинників, який впливає на формування річного стоку є антропогенний фактор.

Вплив людини на умови формування стоку насамперед проявляється у зміні чинників підстильної поверхні: вирубування лісів, осушування боліт, створення штучних водойм, інтенсивне використання поверхневих та підземних вод, перекид стоку, зміна властивостей ґрунтів внаслідок сільськогосподарської діяльності.

3 МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ СТАТИСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СТОКУ

3.1 Метод моментів

При описуванні властивостей статистичних сукупностей використовуються моменти двох видів: початкові, центральні [7].

Початковим моментом s -го порядку α дискретної випадкової величини X є сума

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

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

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

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

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

Центральним моментом дискретних випадкових величин називається математичне очікування

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

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

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

При $s=1$

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

тобто перший центральний момент дорівнює нулю.

При $s=2$

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

Другий центральний момент характеризує розсіювання випадкової величини відносно середнього та носить назву дисперсії D_x [7].

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

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

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

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

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

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

При $s=3$

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

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

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

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

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

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

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

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

При $C_s > 0$ крива розподілу випадкової величини має додатну асиметрію, при $C_s < 0$ - від'ємну, а при $C_s = 0$ розподіл є симетричним [7].

3.2 Метод найбільшої правдоподібності

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

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

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

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

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

Метод найбільшої правдоподібності рекомендується для визначення параметрів, коли використовується крива трипараметричного гама-розподілу, а також заслуговує на перевагу при $C_v > 0.5$. При $C_v < 0.5$ метод найбільшої правдоподібності та моментів приводять практично до однакових результатів [8].

3.3 Точність обчислення параметрів статистичного розподілу

Визначення числових характеристик випадкових величин є найважливішим етапом статистичного аналізу. У гідрології при розрахунках імовірнісних значень статистичних рядів найчастіше спираються на біноміальний і трьохпараметричний гама-розподіл. І той, й інший передбачають наявність трьох статистичних параметрів: середнього значення вибірки, коефіцієнтів варіації і асиметрії. Моменти вищих порядків із-за великих помилок їх обчислення при коротких рядах зазвичай не використовуються [8].

Оскільки матеріали вимірювання стоку завжди обмежені, а, згідно граничних теорем розподілу, для отримання параметрів потрібні нескінченно довгі сукупності, то в практичних розрахунках обчислюються не самі параметри, а їх наближені значення – оцінки. Очевидно, чим більша довжина вибірок, тим вище ступінь наближення оцінок розподілу до їх шуканих

параметрів. З цієї причини вибірковий аналіз обов'язково припускає не тільки обчислення оцінок, але й встановлення точності, з якою вони визначені по наявних рядах. Мірою точності є середня квадратична погрішність. При відсутності внутрішньорядних зв'язків відносна середня квадратична похибка обчислення n -річних середніх стокових рядів (в %) може бути визначена за формулою:

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

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

Для статистичних сукупностей з наявністю внутрішньорядних зв'язків:

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

де r - коефіцієнт кореляції між суміжними членами ряду.

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

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

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

Якщо коефіцієнти варіації встановлюються за допомогою метода найбільшої правдоподібності, то

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

При здійсненні гідрологічних розрахунків значення коефіцієнтів варіації повинні визначатися з похибкою не більше 15%. Якщо виходити із значень $C_v = 0,2 - 1,0$, то для цього потрібні ряди 25 – 45 років (при використанні метода моментів) або 17 – 22 роки (при використанні метода найбільшої правдоподібності) [8].

3.4 Аналіз результатів визначення статистичних параметрів часових рядів річного стоку в басейні річок Приазов'я

Статистична обробка часових рядів середньорічних модулів річного стоку в басейні річок Приазов'я проводилась по 26 гідрологічних постах. Враховувалися спостереження від початку і по 2015 рік включно.

Відповідно рекомендаціям СНіП 2.01.14.83 середньорічні модулі стоку обчислювались з використанням методів моментів та найбільшої правдоподібності. Визначались стандартні параметри (\bar{q} , C_v , C_s і C_s/C_v).

Результати розрахунку, які наведені у додатку А, показали, що середньорічні модулі стоку змінюються від 0,58 л/с·км² (р. Грузській Єланчик – с. Гусельщикове) до 11,4 л/с·км² (р.Кальміус – смт. Авдотьіно). Коефіцієнти варіації дають майже однакові результати за двома методами і змінюються у межах від 0,27(р.Кальміус - с.Роздольне) до 0,94 (р. Грузській Єланчик – с. Гусельщикове). Це свідчить про невелику мінливість у рядах річного стоку розглянутої території. По басейну середнє значення $C_v = 0,49$.

При $C_v < 0.5$ методи найбільшої правдоподібності та метод моменті практично мають однакові результати, тому у подальших розрахунках можна використовувати любий з двох методів.

Коефіцієнти асиметрії змінюються від $-0,05$ (р.Кальміус-снт.Приморське) до $1,71$ (р. Грузській Єланчик – с. Гусельщикове) Співвідношення C_s/C_v в середньому знаходиться на рівні $1,73$.

Мірою точності статистичних розрахунків є середня квадратична похибка.

Середня квадратична похибка n -річних середніх рядів річного стоку, тобто для \bar{q} , в басейні річок Приазов'я дорівнює $\sigma_{\bar{q}} = 8,1\%$, а коефіцієнтів варіації – $C_v = 13\%$. Результати обчислення наведені у додатку Б.

3.5 Дослідження статистичної однорідності

Застосування теоретичних кривих розподілу для опису статистичних сукупностей можливо в тому випадку, якщо ці сукупності сформовані з якісно однорідних і незалежних елементів. З'ясування статистичної однорідності досліджуваних сукупностей і випадковості формування вибірок виступає в якості важливого елемента оцінки достовірності статистичних узагальнень.

У теорії ймовірностей відомо багато критеріїв однорідності, використовуючи які можна визначити однорідність вибірових значень параметрів розподілу [9].

Внаслідок многофакторности більшості параметрів гідрологічного режиму часто буває важко відокремити причини. Порушують стан однорідності ряду спостережень, від факторів, що формують гідрологічний ряд як сукупність випадкових змінних.

У деяких випадках оцінка однорідності даних гідрологічних спостережень набуває впоєне самостійне значення. Прикладом такого роду може служити вибір пункту-аналога, корду встановлюється однорідність фізико-географічних і кліматичних факторів стоку на підставі їх якісного аналізу на двох водозборах.

В інших випадках слід оцінити внутрірядну однорідність величин стоку річки, корду оан порушена різними природними або штучними причинами, до числа яких можна віднести, наприклад, зміна природного стоку завдяки регулюванню його водосховищем. Істотно важливо з'ясовуватиметься ступінь однорідності рядів стоку, що відносяться до різних річках, при єднання їх в єдиний просторово-часової статистичний ряд [10].

Коли фізичного аналізу однорідності тих чи інших гідрологічних характеристик або факторів, їх обумовлюють, виявляється недостатньо, доцільно використовувати статистичні методи, які дозволяють оцінити однорідність досліджуваних рядів спостережень також і в кількісному вираженні. З їх допомогою можна визначити область, в якій доцільно шукати фізичну причину, що порушує однорідність рядів спостережень, і тим самим допомогти досліднику знайти цю причину.

3.6 Основні етапи аналізу однорідності рядів спостережень

Статистичний аналіз однорідності рядів спостережень включає наступні основне етапи: формулювання нульової і альтернативних гіпотез, визначення рівня значимості, вибір критичної області, бракування або визнання нульової гіпотези. Так як ці етапи являються, як правило невід'ємною частиною будь-якого статистичного дослідження однорідності рядів спостережень, зупинимося коротко на них [9].

Формулювання нульовий і альтернативних гіпотез

Будь-яке статистичне судження про однорідність тих чи інших рядів спостережень завжди має імовірнісний характер. Статистичний аналіз однорідності рядів спостережень починається з припущення відсутності суттєвої різниці між параметрами порівнюваних рядів (нульова гіпотеза). При цьому зазвичай передбачається, що закон розподілу зіставляються рядів спостережень один і той же, що впливає з фізичних міркувань або накопиченого попереднього досвіду, але можуть мати місце лише відмінності в параметрах розподілу. До числа яких можуть бачити віднесено: середнє значення, коефіцієнт варіації і коефіцієнт асиметрії. У багатьох випадках підлягають перевірки на нульову гіпотезу всі параметри розподілу. Гіпотези, протилежні нульовий, називають альтернативними [9].

Вибір рівня значущості

Рівнем значущості вважається таке досить мале значення ймовірності, яке в тому чи іншому випадку може вважатися характеризує парктіческі неможлива подія. Поява такого рідкого події вказує на неправильність прийнятої нульової гіпотези з ймовірністю, що не перевищує витранний рівень значимості. В такому випадку з ймовірністю, рівною вибраного рівня значущості, можна відкинути нульову гіпотезу, хоча вона може виявитися правильною, або, як кажуть, припуститися помилки першого роду. В іншому випадку, здався декому достатньо малим рівнем значущості, можна прийняти неправильне альтернативну гіпотезу або зробити помилку другого роду. Очевидно, що повністю уникнути помилок першого і другого роду не можна. При цьому завжди має місце певний ризик. Можна лиш зменшити ризик здійснення помилки одного роду за сеп збільшення ощибки іншого роду. Обачним за рівень значущості приймають ймовірність 5, 2 або 1% -ную. В окремих випадках рівень значущості може бачити обраний 0,1% і менше або більше 5%.

Зі зменшенням рівня значущості ймовірність забракувати нульову гіпотезу зменшується, коли вона вірна [9].

Вибір критичної області

Критичну область слід вибирати таким чином, щоб вероятність попадання в неї критерію була найбільшою, коли справедлива альтернативна гіпотеза, тобто гіпотеза, конкуруюча з нульовою гіпотезою.

Якщо вибіркове значення критерію потрапляє в критичну область, то нульова гіпотеза невірна, і повинна бути прийнята альтернативна гіпотеза. У випадках якщо величина критерію виявляється в області допустимих значень, то це означає, що при даному емпіричному матеріалі немає підстав спростувати нульову гіпотезу і отже, вона визнається.

Коли на однорідність середніх значень повинні проваряться короткі ряди спостережень, можна використовувати критерій Стьюдента. Однак, при цьому необхідно мати на увазі, що застосування його правомірно лише в тому випадку, коли рівні середні квадратичні відхилення генеральних сукупностей розглянутих рядів: $\sigma_x = \sigma_y = \sigma$.

Критерій Стьюдента записується у вигляді

$$t = \frac{\bar{y} - \bar{x}}{\sqrt{n_x \sigma_x^2 + n_y \sigma_y^2}} \sqrt{\frac{n_x n_y (n_x + n_y - 2)}{n_x + n_y}}. \quad (3.22)$$

Цей критерій підпорядковується розподілу Стьюдента з числом ступенів свободи, рівним $k = n_x + n_y - 2$.

При перевірці нульової гіпотези $\bar{x} = \bar{y}$ з використанням критерію Стьюдента слід визначати критичну область при $q\%$ -му рівні значимості як область великих за абсолютним значенням відхилень $[|t| > t_{q,k}]$. Величина $t_{q,k}$ визначається з таблиці розподілу Стьюдента.

Критерій Стьюдента однорідності середніх значень відноситься до числа параметричних, оскільки його використання пов'язується з необхідністю прийняття для даної вибірки нормального закону розподілу.

З числа непараметричних критеріїв оцінки однорідності середніх в гідрологічних дослідженнях отримав застосування переважно критерій однорідності Вількоксона і критерій знаків. Критерій Вількоксона часто розуміють як критерій приналежності до однієї і тойже генеральної сукупності. Фактично цей критерій досить чутливий по відношенню до вибіркового середнім і майже не реагує на зміну вибірових дисперсій. Тому точніше розглянутий критерій поширювати на оцінку однорідності вибірових середніх. Критерій Вількоксона заснований на підрахунку числа так званих інверсій [10].

Критерій оцінки однорідності середніх квадратичних відхилень

В даний час відомо чимало критеріїв для оцінки однорідності середнього квадратичного відхилення. У гідрологічних роботах використовувалися лиш деякі з них, а зокрема критерій Фішера (F) у вигляді

$$F = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_y^2}, \quad (3.23)$$

де σ_x та σ_y - середні квадратичні відхилення, обчислені по рядах, щодо яких робиться припущення, що вони підпорядковані нормальному закону розподілу. Ця обставина кілька звужує можливість розглянутого критерію. Однак при невеликій асиметричності рядів критерій Фішера зазвичай застосовується [11].

Перевірка статистичної гіпотези про однорідність двох нормально розподілених рядів

Якщо випадкова величина підлягає нормальному закону розподілу, то для характеристики особливостей цього розподілу достатньо мати два статистичних параметри: середнє арифметичне значення та дисперсію σ_x^2 . Тоді перевірка гіпотези про однорідність зводиться до перевірки двох гіпотез: статистичної гіпотези про незначущість різниці в дисперсіях і статистичної гіпотези про незначущість середніх. Якщо одна а цих гіпотез не

приймається, то відкидається гіпотеза про однорідність двох рядів X та Y . Якщо випадкові величини X та Y описуються нормальним законом розподілу, то оцінки дисперсій цих величин σ_x^2 та σ_y^2 підлягають розподілу з параметрами $\nu_1 = m - 1$ та $\nu_2 = n - 1$, де m - довжина вибірки X , а n - довжина вибірки Y . Тоді розподіл випадкової величини

$$F = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_y^2}, \quad (3.24)$$

може бути описаний законом Фішера-Снедекора. Цей розподіл має два параметри ν_1 та ν_2 .

Статистична характеристика F має назву критерію Фішера-Снедекора. Під час розрахунків цього критерію у чисельник ставлять більшу з дисперсій. Перевірка нульової гіпотези здійснюється шляхом порівняння розрахованого значення F з критичним $F_{кр} = \varphi(\alpha, \nu_1, \nu_2)$ (таблиця значення критерію Фішера для 5% рівня значущості).

Нульова гіпотеза H_0 не відкидається, коли $F < F_{кр}$. У протилежному випадку приймається альтернативна гіпотеза, тобто різниця між дисперсіями двох рядів X та Y значуща і не може пояснюватись тільки впливом випадкових флуктуацій у вибірках X та Y .

Якщо розподіл випадкових величин X та Y описується нормальним законом, то середні арифметичні значення \bar{x} та \bar{y} також нормально розподілені. Звідси виходить, що випадкова величина $u = \bar{x} - \bar{y}$ теж нормально розподілена. Оскільки σ_x^2 та σ_y^2 підлягають χ^2 -розподілу, то випадкова величина

$$U = (m - 1)\sigma_x^2 + (n - 1)\sigma_y^2, \quad (3.25)$$

також підлягає закону χ^2 з кількістю степенів свободи $\nu = m + n - 2$.

Випадкова величина

$$t = \frac{|\bar{x} - \bar{y}|}{\sqrt{\frac{(m-1)\sigma_x^2 + (n-1)\sigma_y^2}{m+n-2} \left(\frac{1}{m} + \frac{1}{n} \right)}} \quad (3.26)$$

має розподіл, який може бути описаний розподілом Стьюдента з параметром $\nu = m + n - 2$. Гіпотеза \hat{I}_1 про незначущість різниці між середніми арифметичними значеннями перевіряється шляхом порівняння розрахованого критерію t з критичним $t_{кр}(\alpha, \nu)$ - за допомогою таблиці критичних точок розподілу Стьюдента. Нульова гіпотеза приймається, коли $t < t_{кр}(\alpha, \nu)$ [11].

Статистична гіпотеза про однорідність рядів X та Y приймається тільки у тому випадку, коли справедливі обидві гіпотези H_0 і H'_0 .

3.7 Визначення статистичної однорідності та вияв тренду у часових рядах річного стоку в басейні річок Приазов'я

При встановленні норми річного стоку необхідно перевіряти статистичну однорідність часових рядів. Відомо, що ряди спостережень за стоком можуть бути неоднорідними у часі та просторі. Не облік цих обставин може привести до невірних висновків при визначенні норми річного стоку.

З цією метою всі наявні ряди річного стоку досліджуваної території були перевірені на однорідність. Перевірка виконувалась за критеріями Фішера, Стьюдента і Вілкоксона на 5% рівні значущості. Результати перевірки наведені у табл. 3.1.

Коли статистична неоднорідність ряду стоку установлена і у фондових матеріалах є вказівки на наслідки інтенсивних водогосподарських

перетворень, є сенс виявити у хронологічній послідовності стоку тренд, тобто направлену зміну стокових величин в бік зростання або зменшення. Для розв'язання цієї задачі можна використати критерій Аббе [11]. В його основі лежить порівняння дисперсії значень випадкової величини X з сумою квадратів їх послідовних різниць S^2 , яка менш чутлива до систематичної зміни математичного сподівання. Величина S^2 розраховується за формулою:

$$S^2 = \frac{1}{2(N-1)} \sum_{i=1}^{N-1} (x_{i+1} - x_i)^2, \quad (3.27)$$

де N - довжина вихідного ряду;

x_i та x_{i+1} - наступне та попереднє значення хронологічного ряду.

Висувається нульова гіпотеза, яка передбачає, що тренд існує.

Для перевірки гіпотези про відсутність систематичних змін в упорядкованій послідовності розраховується відношення:

$$z = \frac{S^2}{\sigma_x^2}, \quad (3.28)$$

де σ_x^2 - дисперсія вихідного ряду.

Якщо $z \geq z_{кр}$, то можна зробити висновок, що ряд спостережень не має систематичного зсуву математичного сподівання (тренд відсутній), але коли $z < z_{кр}$, то тренд існує (згідно з таблицею критичних значень розподілу величин) [11].

Таблиця 3.1 – Перевірка часових рядів стоку на однорідність середніх квадратичних відхилень за критеріями Фішера, Ст'юдента і Вілкоксона в басейні річок Приазов'я

№ п/п	Річка – пост	n, років	Рівень значущості	Критерій Фішера		Висновок	Критерій Ст'юдента		Висновок	Критерій Вілкоксона	Загальний висновок
				F	F _{кр}		t	t _{кр}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
92	р.Молочна - м. Токмак	65	5%	2,8	2,0	Неодн.	1,9	2,0	Одн.	Одн.	Неодн.
93	р.Молочна - с.Терпіння	47	5%	1,1	2,3	Одн.	0,5	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
94	р.Корсак – с.Аннівка	17	5%								
95	р.Лозуватка - с. Новоолексіївка	57	5%	2,4	2,2	Неодн.	0,8	2,0	Одн.	Одн.	Неодн.
96	р.Обитічна – с.Шевченко	32	5%	1,8	3,3	Одн.	0,4	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
97	р.Обитічна - м. Приморськ	49	5%	1,5	2,4	Одн.	2,01	2,0	Неодн.	Неодн.	Неодн.
98	р.Кільтичя - с. Новотроїцьке	33	5%	2,2	3,2	Одн.	0,2	2,1	Одн.	Одн.	Одн.
99	р.Берда- с.Захарівка	49	5%	1,0	2,2	Одн.	1,2	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
100	р.Берда - с. Осипенко	61	5%	1,8	2,1	Одн.	2,7	2,0	Неодн.	Неодн.	Неодн.
101	р.Кальміус – смт Авдот'їно	37	5%	2,5	2,9	Одн.	5,1	2,0	Неодн.	Неодн.	Неодн.
102	р.Кальміус – с.Роздольне	58	5%	1,6	2,1	Одн.	3,3	2,0	Неодн.	Неодн.	Неодн.
103	Кальміус – смт Приморське (Сартана)	77	5%	1,5	2,0	Одн.	4,4	2,0	Неодн.	Неодн.	Неодн.
104	р.Мокра Волноваха – с.Миколаївка	63	5%	1,1	2,1	Одн.	0,8	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
105	р.Кальчик - с. Кременівка	53	5%	1,5	2,2	Одн.	0,3	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
106	р.Кальчик – м. Маріуполь	75	5%	22,7	2,0	Неодн.	3,5	1,9	Неодн.	Неодн.	Неодн.

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
107	р. балка Полкова – с.Кременівка	17	5%								
108	р.М.Кальчик - с. Кременівка	51	5%	1,8	2,2	Одн.	0,5	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
109	р.Калец – х. Перемога	18	5%								
110	р.Грузській Єланчик – с.Гусельщикове	26	5%	5,2	3,6	Неодн.	0,2	2,0	Одн.	Одн.	Неодн.
111	р.Міус - с. Стрюкове	54	5%	2,1	2,2	Одн.	1,5	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
112	р.Міус - с. Дмитрівка	50	5%	1,1	2,2	Одн.	0,4	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
113	р.Міус – с.Куйбишеве	18	5%								
114	р.Міус – с.Матвіїв Курган	25	5%	1,2	3,6	Одн.	0,2	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
115	р. Крепенька - х. Чугуно- Крепінка	19	5%	1,6	4,0	Одн.	0,03	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
116	р.Кринка - с. Новоселівка	64	5%	1,3	2,1	Одн.	3,4	2,0	Неодн.	Неодн.	Неодн.
117	р.Кринка – смт Благодатне	60	5%	1,1	2,1	Одн.	3,1	2,0	Неодн.	Неодн.	Неодн.

За результатами перевірки неоднорідними виявилось 11 гідрологічних постів. З вихідних даних не можна зробити однозначних висновків стосовно причин такої неоднорідності. Тому по неоднорідним постам були побудовані графіки тренду, які наведені у додатку В.

Аналіз цих графіків дає підставу розділити їх на дві групи. До однієї групи віднести графіки, де тренд зростає зі збільшенням років, а до другої групи віднести графіки, де тренд зі зростанням років навпаки зменшується.

Що до цього, то по перше, як видно з графіків, одна група років в басейні річок Приазов'я була багатоводна, а інша – маловодна.

Але не слід виключати й можливість у цих районах інтенсивної господарської діяльності.

4 ЦИКЛІЧНІСТЬ ЧАСОВИХ РЯДІВ РІЧНОГО СТОКУ

Згідно з [7] гідрологічний ряд хронологічно може бути розташований у межах фази підвищеного стоку, тому середня величина стоку, яка розглядається є завищеною, а коли в межах зниженого стоку – зниженою.

Не врахування коливань річного стоку може привести до великих похибок при розрахунку річного стоку, тому вводиться поняття «норма стоку».

Норма стоку є середнім арифметичним значенням характеристик гідрологічного режиму за багаторічний період такої тривалості, при збільшенні якої отримане середнє арифметичне значення суттєво не змінюється [12].

Циклічність коливань річного стоку зв'язується з поняттям синхронності [7].

Синхронними називають коливання стоку річок, на яких спостерігається однаковий хід водності протягом всього інтервалу часу, а асинхронними - коливання стоку, які мають протилежний хід водності. Під синфазністю та асинфазністю стоку розуміють однаковий або протилежний хід коливань не на всьому розглядуваному інтервалі часу, а по періодах водності (по групах багатководних та маловодних років).

Кількісною мірою синхронності коливань стоку є коефіцієнт кореляції між двома рядами з однаковим періодом спостережень. Коливання вважаються синхронними, якщо коефіцієнт кореляції перевищує 0,7, й синфазними, коли коефіцієнт кореляції менший за 0,7, але більший 0,4. Якщо коефіцієнт кореляції менший за 0,4 коливання вважаються несинфазними.

4.1 Метод ковзного осереднення

Найкращі результати згладжування установлені для середніх точок обраного інтервалу згладжування, коли враховується інформація про поведінку функції з обох боків від розглядуваної точки. Кількість точок для згладжування береться непарною, а групи точок – змінними за всією таблицею. Беруть наприклад, перші три точки q_1, q_2 і q_3 , згладжують середню точку q_2 , потім розглядають подальшу групу точок q_2, q_3, q_4 і згладжують точку q_3 і т.д. до кінця таблиці даних [8]. Тобто визначається інтервал згладжування, у межах якого розраховується середня величина. Цей інтервал ніби “ковзає” по ряду із кроком, рівним одиниці. Для таблиці зі сталим кроком згладжування найпростішим є багаточлен першого ступеня згладжування

$$\tilde{q}_i = \frac{1}{T} \sum_{K=-\frac{T-1}{2}}^{K=\frac{T-1}{2}} q_{i+K}, \quad (4.1)$$

де \tilde{q}_i - згладжене значення річного стоку;

T – інтервал осереднення.

У наведеному вище прикладі інтервал згладжування T дорівнював 3. За (4.1) згладжені значення визначаються таким чином

$$\tilde{q}_2 = \frac{1}{3}(q_1 + q_2 + q_3); \quad (4.2)$$

$$\tilde{q}_3 = \frac{1}{3}(q_2 + q_3 + q_4) \text{ й т.д.} \quad (4.3)$$

Оператор згладжування не розповсюджується на крайові значення ряду. Тому під час згладжування за трьома точками (“трирічками”) крайові величини ряду визначаються так:

$$\tilde{q}_1 = \frac{1}{6}(5q_1 + 2q_2 - q_3), \quad (4.4)$$

$$\tilde{q}_n = \frac{1}{6}(-q_{n-2} + 2q_{n-1} + 5q_n). \quad (4.5)$$

4.2 Виділення циклів водності за допомогою різницевої інтегральних кривих

При гідрологічних розрахунках для виділення фаз і циклів водності використовуються різницевої інтегральні криві, ординати яких являють собою послідовне накопичення відхилень величин стоку від середнього значення. Порівняння кривих легше виконувати при їх представленні у вигляді модульних, коефіцієнтів стоку $\left(k_i = \frac{q_i}{\bar{q}} = \frac{Q_i}{Q} = \frac{W_i}{W} = \frac{Y_i}{Y}\right)$ [7]. Середнє багаторічне значення модульного коефіцієнта завжди дорівнює одиниці, отже, поточні ординати різницевої інтегральної кривої на кінець t -го року від початку побудування кривої визначають за рівнянням

$$\sum_{i=1}^t (k_i - 1) = f(t), \quad (4.6)$$

де k_i - модульний коефіцієнт.

Різницева інтегральна крива стоку, як і будь-яка інтегральна крива, має таку властивість. Відхилення середнього значення величини (модульного

коефіцієнта) за будь – який інтервал часу m від його середнього значення за багаторічний період спостережень дорівнює одиниці, характеризується тангенсом кута нахилу лінії, яка поєднує точки початку та кінця інтервалу, до горизонтальної прямої і визначається за формулою

$$\operatorname{tg} \alpha = (k_i - 1)_{\text{сер}} = \frac{l_k - l_n}{m} = \frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1) - \sum_{i=1}^{n-m} (k_i - 1)}{m} = \frac{\sum_{i=1}^m (k_i - 1)}{m}, \quad (4.7)$$

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

m – число років у періоді часу.

Період часу, для якого ділянка інтегральної кривої має нахил вгору відносно осі абсцис та значення $(k_i - 1)_{\text{сер}}$ додатне (переважають додатні відхилення від середнього), відповідає багатоводній фазі коливань стоку. Період, для якого з'єднуюча лінія і відповідна ділянка нахилена вниз та $(k_i - 1)_{\text{сер}}$ має від'ємне значення, відповідає маловодній фазі [7]. Для одного виділеного циклу, який складається із однієї багатоводної та однієї маловодної фаз, середнє значення модульного коефіцієнта $k_{\text{сер}}$ дорівнюватиме 1, для багатоводного – більше за 1, для маловодного – менше за 1, сума $\sum_{i=1}^m (k_i - 1) = 0$ для одного або декількох циклів.

Репрезентативний період встановлюється на основі різницевих інтегральних кривих або згладжених кривих річного стоку. Цикли малої тривалості (декілька років) не враховуються. Виключаються також неповні цикли, які містять у собі тільки багатоводну або тільки маловодну фази.

4.3 Аналіз циклічності часових рядів в басейні річок Приазов'я

На підставі аналізу результатів перевірки на однорідність і враховуючи у наявних стокових рядах груп років з різними фазами коливання водності, вихідні дані по річному стоку в басейнах річок Приазов'я були перевірені на циклічність.

Для визначення циклічності були побудовані різницеві інтегральні криві по всіх постах досліджуваної території, які наведені у додатку Г.

Різницеві інтегральні криві були представлені по декілька постів на одному графіку. Це дає можливість зробити аналіз цих кривих, виявити збік циклів.

Нажаль, деякі криві мали розриви, але на середнє значення вони суттєво не впливають. Взагалі представлені криві утворюють замкнуті цикли. Це дає підставу для визначення і узагальнення норми річного стоку в басейнах річок Приазов'я.

Для прикладу на рис. 4.1 наведені різницеві інтегральні криві р. Молочна - м. Токмак; р. Молочна - с. Терпіння; р. Обитічна - с. Шевченко.

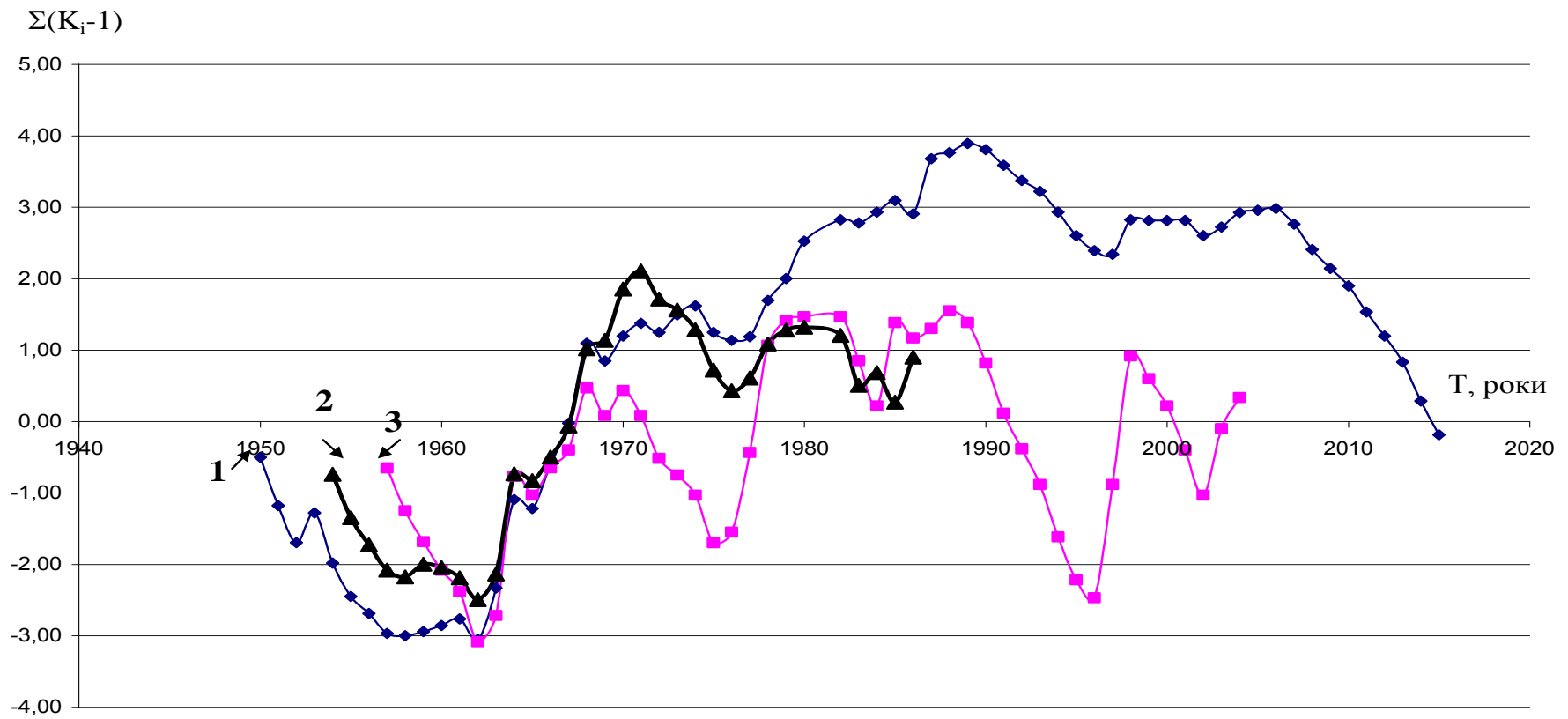


Рисунок 4.1 - Різницеві інтегральні криві: 1 - р. Молочна - м. Токмак; 2 - р. Молочна - с. Терпіння;
3 - р. Обитічна - с. Шевченко

5 МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ НОРМИ РІЧНОГО СТОКУ

Норму річного стоку невивчених річок рекомендують оцінювати за аналогією з близько розташованими річками, водозбори яких характеризуються такими ж умовами формування стоку [13].

Для гірських річок особливо наголошується можливість відмінності цих умов навіть в сусідніх водозборах з однаковими розмірами, тому необхідно враховувати при підборі річки-аналога такі чинники, як клімат, геологічна будова та інші природні компоненти.

Такий облік часто буває важко здійснити. Для практичних розрахунків норми річного стоку невивчених річок гірської території можна використовувати графіки зв'язку модуля середнього річного стоку річок з середньою висотою їх водозборів.

Методи розрахунку річного стоку за відсутністю гідрометеорологічної інформації в досліджуваному районі базуються на методах, заснованих тільки на гідрологічній інформації в пунктах, де проводяться спостереження. До цих методів відноситься картування або осереднення в однорідному районі параметрів розподілу річного стоку на основі всієї наявної в досліджуваному районі гідрометричної інформації за річним стоком річок [12].

Базуються також на методах, заснованих на регіональних залежностях, що використовують додаткову інформацію про морфометричні характеристики басейну та на методах, заснованих на моделях формування стоку, з використанням всієї можливої інформації (гідрологічну, метеорологічну, агрофізичних і т.д.)

5.1 Карти параметрів розподілу річного стоку

Середній річний стік річок змінюється відповідно до зональних змін кліматичних чинників та елементів природного ландшафту. Відповідно з розташуванням природних зон та висотних поясів спостерігається широтна і вертикальна зональність, яка дає вимогу для побудови карт параметрів розподілення річного стоку [12].

Карти параметрів розподілення річного стоку відносяться до центру тяжіння водозбору річок.

Характер ізоліній параметрів розподілу стоку по карті та точність визначення цих параметрів залежить від кількості пунктів спостережень використаних при складанні карти, тобто від густини гідрометричної мережі спостережень від просторової структури річного стоку, яка відображає просторові кореляційні функції, від плавності зміни рельєфу на досліджуваній території і точності нанесення центрів тяжіння водозборів як при побудові карти, так і при подальшому її використанні.

Для побудови карт параметрів стоку(середнього багаторічного значення стоку та коефіцієнта варіації) можуть бути використані по річках стік, яких визначається зональними чинниками. Зміни зональної величини у межах річкового водозбору та вплив азональних факторів повинно бути незначним.

У своїй роботі Н.С. Лобода [14] виконала географо-гідрологічне узагальнення основних характеристик річного стоку річок України, які базуються на сучасних методах багатовимірною статистичного аналізу даних багаторічних спостережень за стоком води та балансових методах розрахунків стоку з використанням метеорологічної інформації. Вони запропонували для визначення норми природного річного стоку використовувати карту норми стоку, розраховану за рівнянням водно-теплогового балансу. Статистичні параметри, які визначаються з малим ступенем вірогідності, пропонується районувати [14].

5.2 Узагальнення норми річного стоку в басейнах річок Приазов'я

Для здійснення узагальнення норми річного стоку по території, спочатку необхідно виключити вплив на неї широтного положення водозборів. З цією метою будується залежність $\bar{q} = f(\varphi^\circ)$, яка показана на рис. 5.1. Описує цю залежність рівняння:

$$\bar{q} = 3,04(\varphi^\circ - 47,6) + \bar{q}_{\varphi=47,6}. \quad (5.1)$$

Як видно з рис. 5.1 норма річного стоку підкорюється широтній закономірності, коефіцієнт кореляції r є суттєво значимим і дорівнює 0,60.

З іншого боку на норму річного стоку можуть впливати місцеві фактори (висота місцевості, лісистість, заболоченість). Тому були побудовані залежності $\bar{q} = f(f_n)$, $\bar{q} = f(H_{cp})$, які наведені на рис. 5.2, 5.3. Щодо заболоченості, то її вплив на \bar{q} (л/с·км²) дослідити неможливо, оскільки на розглянутій території вона майже відсутня. Вихідні дані для дослідження впливу на норму річного стоку місцевих факторів представлена у табл. 5.1.

Аналіз отриманих залежностей показав, що лісистість суттєво не впливає на норму річного стоку, Коефіцієнт кореляції цієї залежності відноситься до незначущих ($r = 0,36$), тому залежність можна не враховувати при узагальненні норми річного стоку досліджуваного району.

Що стосується впливу висоти на норму стоку в басейнах річок Приазов'я, то коефіцієнт кореляції цієї залежності дорівнює 0,55. Тому має сенс дослідити більш детально вплив висоти на головну досліджувану характеристику річного стоку.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для дослідження впливу на норму річного стоку місцевих факторів в басейні річок Приазов'я

№ поста	Річка-пост	$F, \text{км}^2$	$\bar{q}, \text{л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$	$\phi^\circ \text{п.ш.}$	σ_n	σ_{c_v}
92	Молочна - м. Токмак	760	1,18	47,23	4,84	9,41
93	Молочна - с.Терпіння	2780	0,60	47,19	10,50	12,71
94	Корсак – с.Аннівка	194	1,47	46,92	14,55	20,00
95	Лозуватка - с. Новоолексіївка	331	1,19	46,92	7,35	11,10
96	Обитічна – с.Шевченко	390	1,75	47,08	8,31	13,81
97	Обитічна - м. Приморськ	1330	1,26	46,98	9,20	12,49
98	Кільтичя - с. Новотроїцьке	398	1,49	47,09	9,05	13,87
99	Берда- с.Захарівка	718	1,91	47,25	7,09	11,78
100	Берда - с. Осипенко	1620	1,20	47,15	8,49	11,27
101	Кальміус – смт Авдот'їно	263	11,44	48,01	7,23	12,70
102	Кальміус – с.Роздольне	1690	6,42	47,86	3,55	9,62
103	Кальміус – смт Приморське	3700	2,77	47,65	4,60	8,94
104	Мокра Волноваха – с.Миколаївка	194	2,25	47,59	6,83	10,47
105	Кальчик - с. Кременівка	469	2,09	47,43	5,48	10,92
106	Кальчик – м. Маріуполь	1250	3,64	47,34	8,89	10,31
107	балка Полкова – с.Кременівка	63	2,47	47,41	10,67	18,74
108	М.Кальчик - с. Кременівка	270	2,78	47,45	5,90	11,23
109	Калец – х. Перемога	164	1,71	47,40	10,61	18,28
110	Грузській Еланчик – с.Гусельщикове	1190	0,58	47,42	18,43	19,03
111	Міус - с. Стрюкове	142	3,92	48,22	5,99	10,51
112	Міус - с. Дмитрівка	2090	2,83	48,09	5,90	11,23
113	Міус – с.Куйбишеве	2450	2,61	48,12	10,14	18,14
114	Міус – с.Матвіїв Курган	578	2,14	48,10	9,00	15,51
115	р. Крепенька - х. Чугуно-Крепінка	224	4,59	48,11	6,42	16,85
116	Кринка - с. Новоселівка	582	5,44	48,25	5,63	9,69
117	Кринка – смт Благодатне	1690	3,35	48,07	6,01	10,36

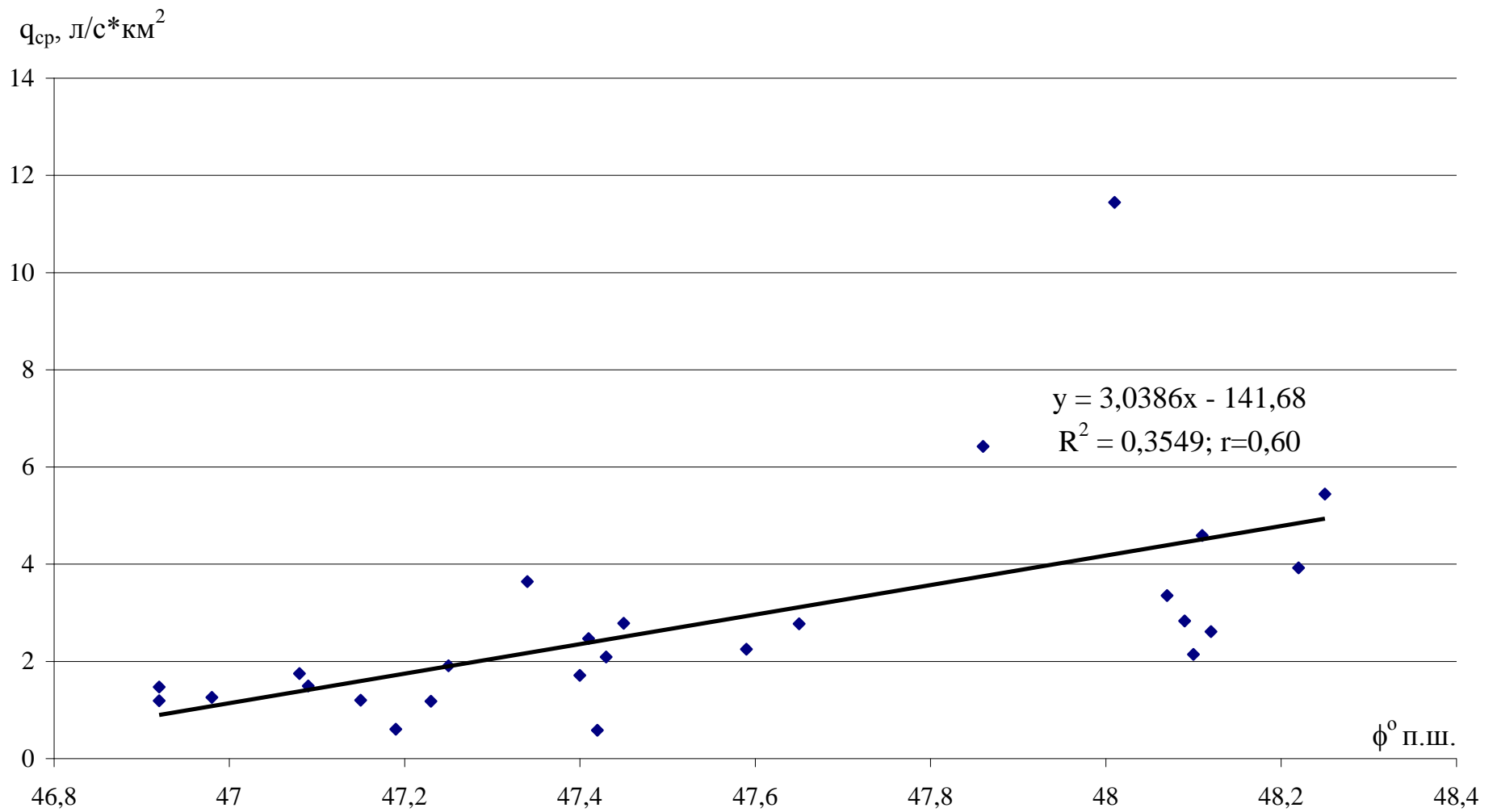


Рисунок 5.1 - Залежність середньорічних модулів річного стоку від широти центрів тяжіння водозборів в басейні річок Приазов'я

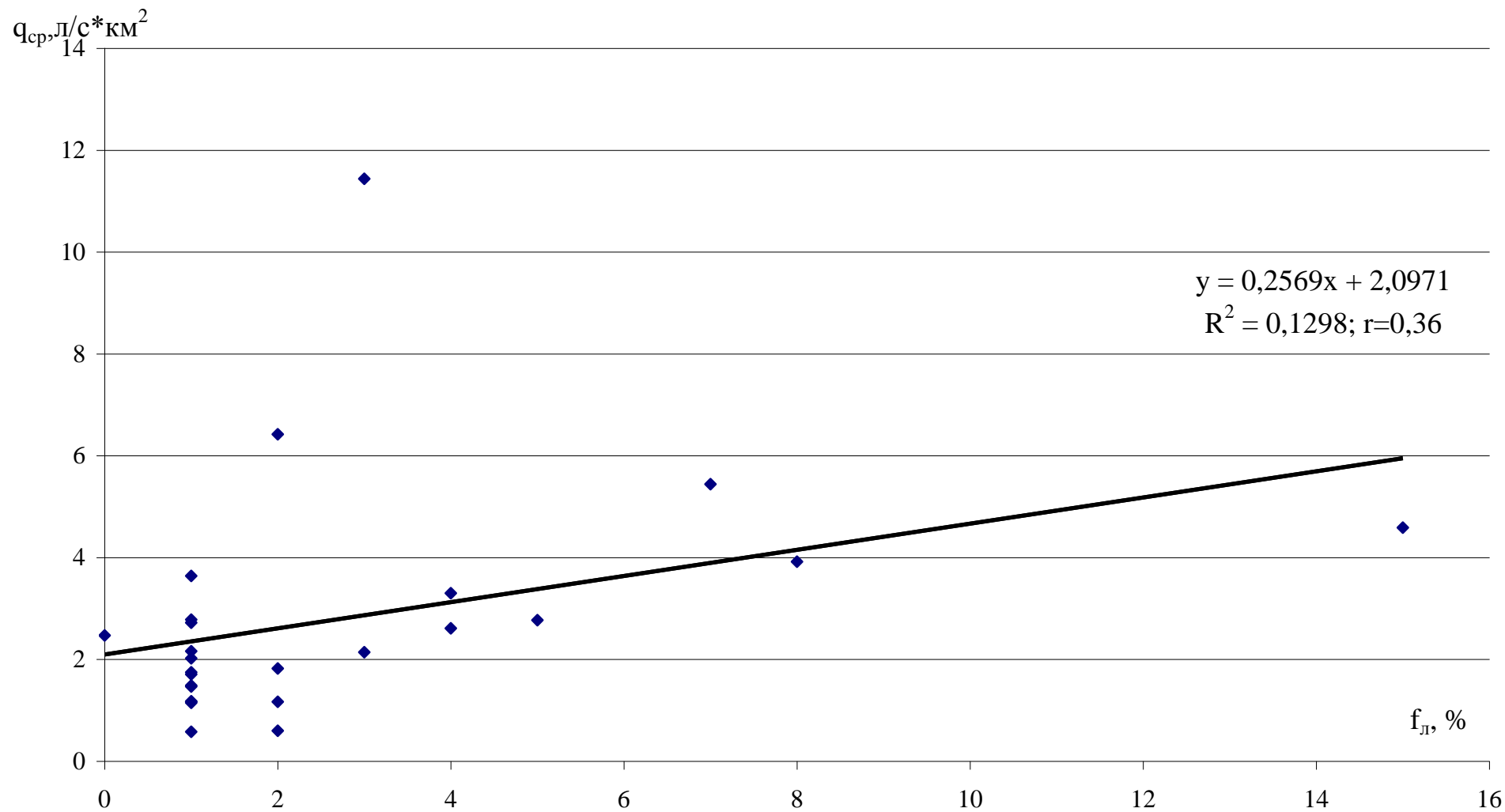


Рисунок 5.2 - Залежність середньорічних модулів стоку від залісеності в басейні річок Приазов'я

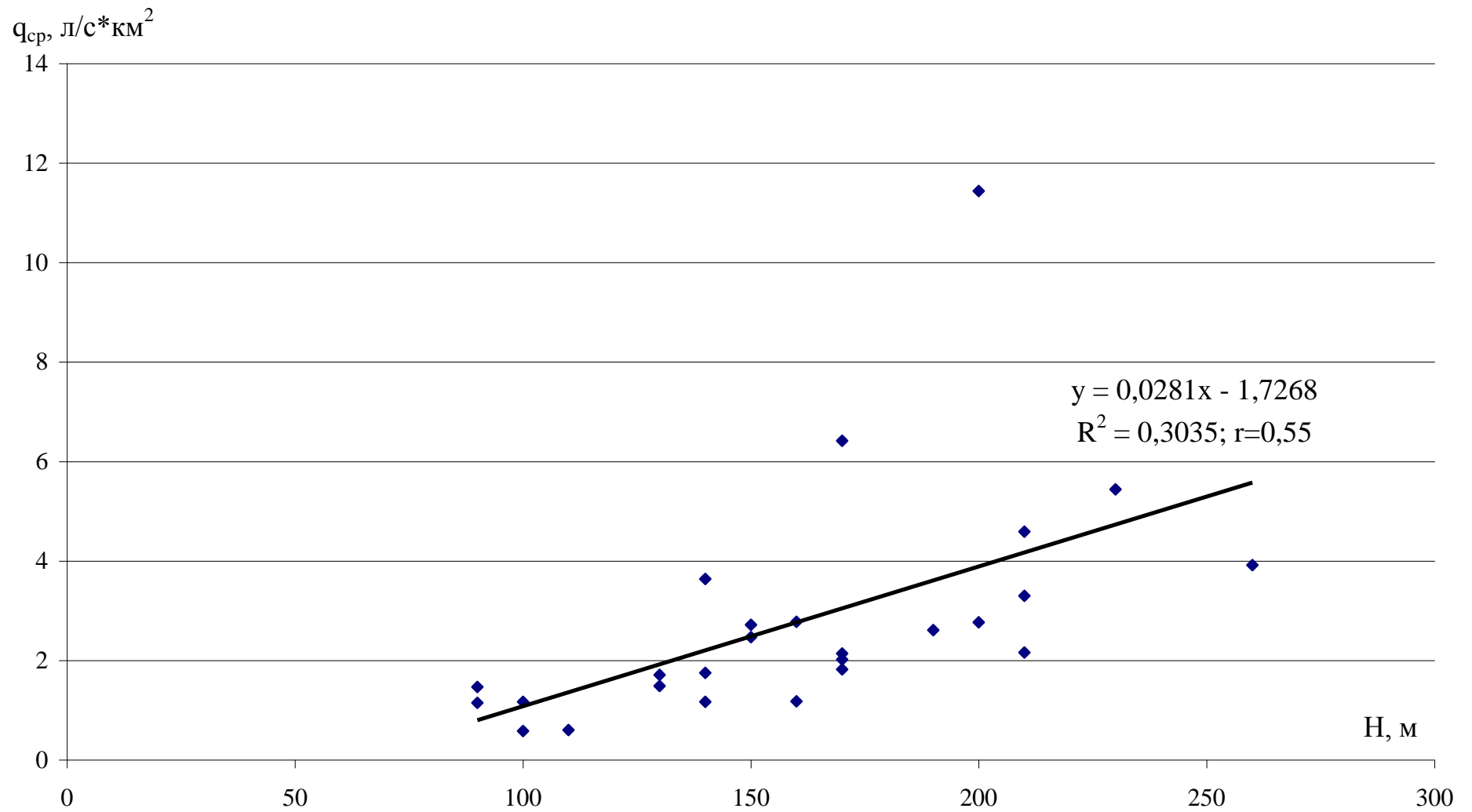


Рисунок 5.3 - Залежність середньорічних модулів стоку від висоти в басейні річок Приазов'я

Згідно з залежністю на рис. 5.1 і рівнянням (5.1) всі дані приведені до однієї широти $47,6^\circ$ пн.ш., тобто

$$\bar{q}_{\varphi=47,6} = \bar{q} - 3,04(\varphi^\circ - 47,6), \quad (5.2)$$

$\bar{q}_{\varphi=47,6}$ - приведені до широти $47,6^\circ$ пн.ш. значення норми річного стоку.

Приведені до однієї широти дані використані для побудови залежності $\bar{q}_{\varphi=47,6} = f(H_{cp})$, $r=0,05$ (рис. 5.4).

Проаналізувавши можливий вплив різних факторів на розподіл по розглянутій території Приазов'я норми річного стоку \bar{q} (л/с·км²), можна зробити висновок що основним чинником є лише широтне положення водозборів. Наявність залежності $\bar{q} = f(\varphi^\circ \text{ пн.ш.})$ є підставою для картування \bar{q} (л/с·км²).

Карто-схема розподілу норми річного стоку в басейні річок Приазов'я наведена на рис. 5.5.

Ізолінії змінюються від 1,0 (л/с·км²) у районі р. Молочна - м. Токмак до 11 (л/с·км²) біля р. Кальміус – смт. Авдотьіно.

5.3 Перевірочні розрахунки

Для перевірки адекватності отриманої карти ізоліній середньорічних модулів стоку виконані перевірочні розрахунки за формулою :

$$\Delta q = \frac{|q_\phi - q_p|}{q_\phi} \cdot 100\%. \quad (5.3.)$$

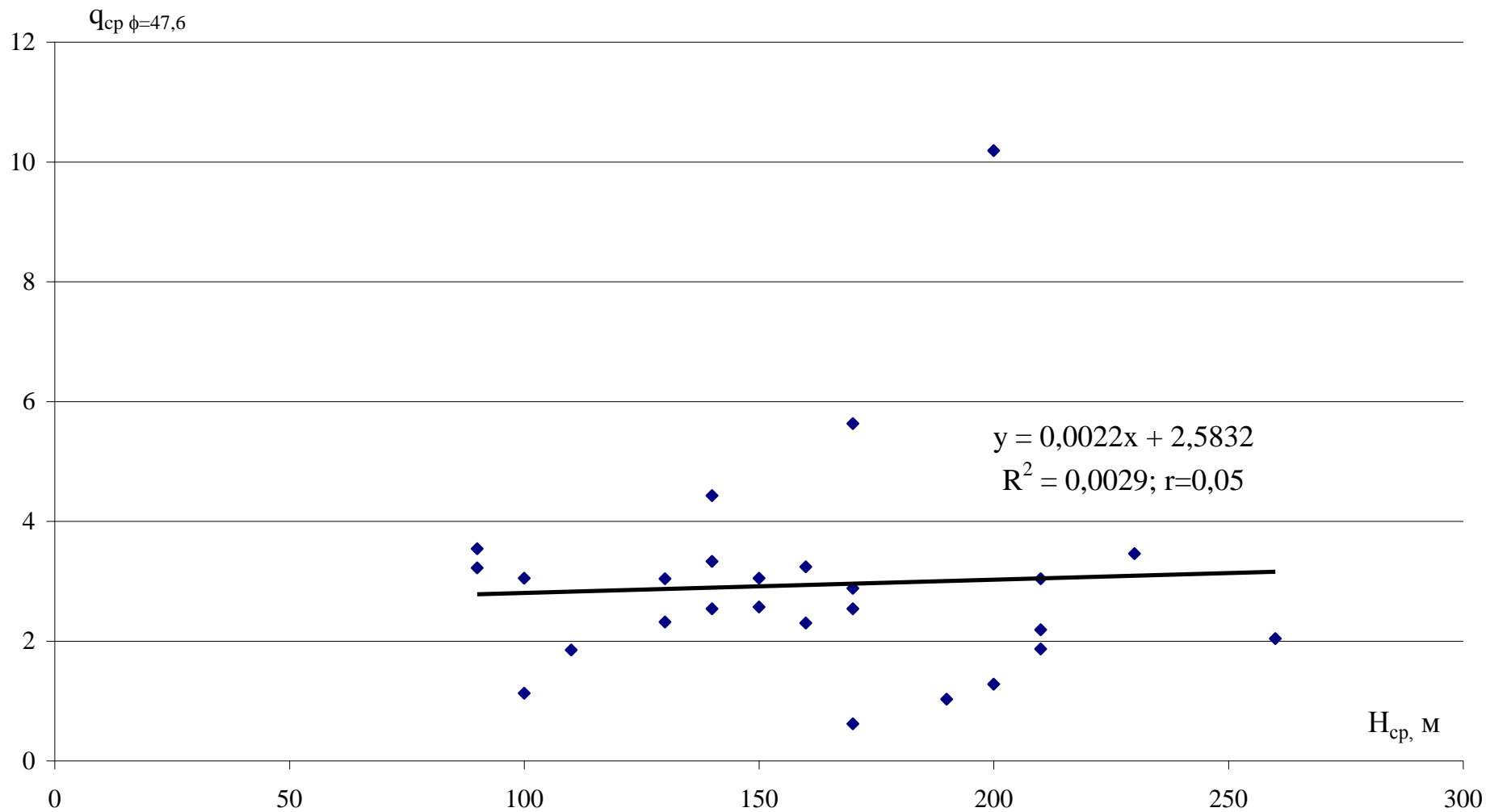


Рисунок 5.4 - Зміна середньорічних модулів стоку, приведеніх до широти $47,6^{\circ}$ пн.ш., від середньої висоти водозборів в басейні річок Приазов'я

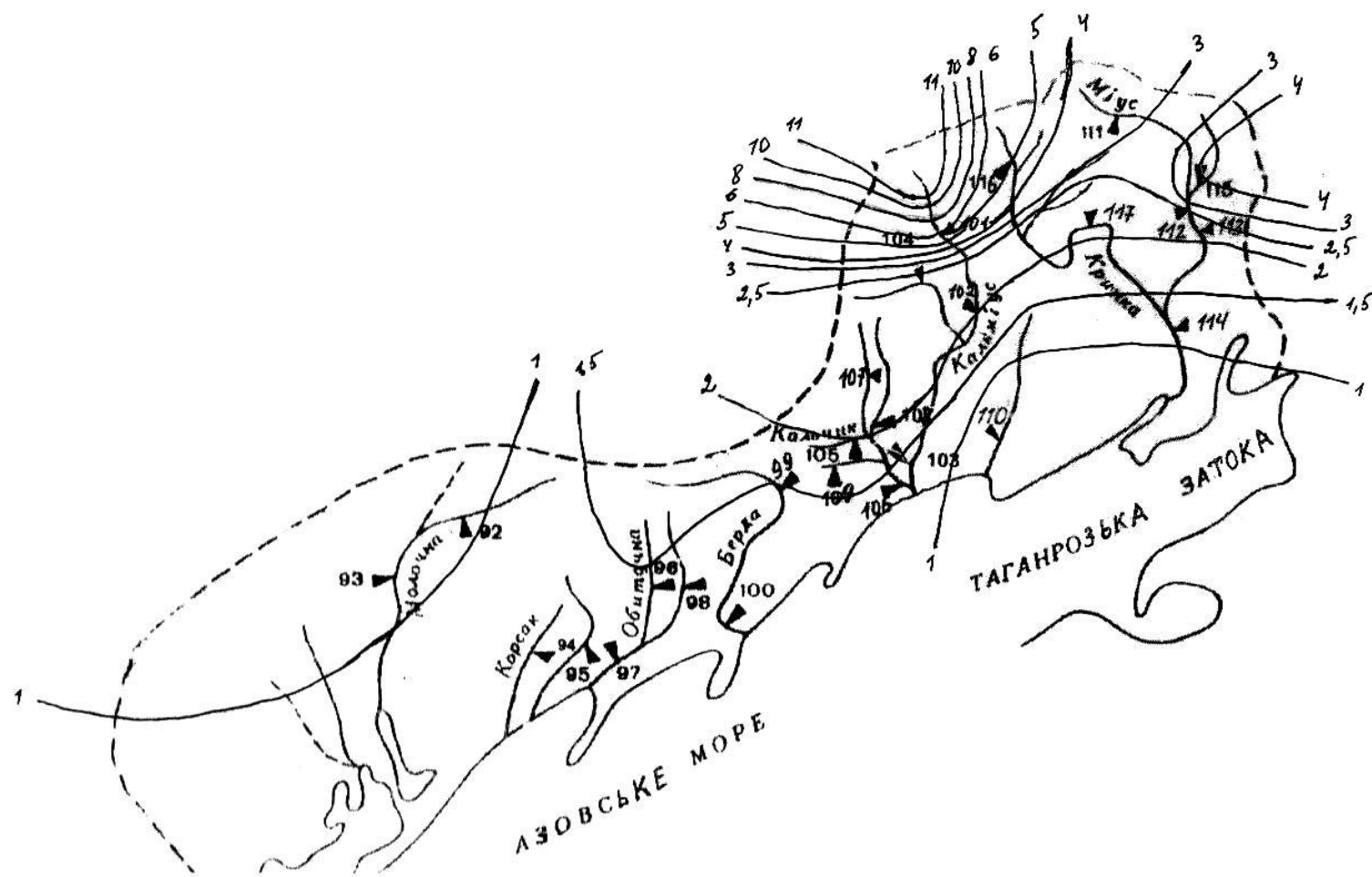


Рисунок 5.5 – Карта ізоліній норми річного стоку в басейні річок Приазов'я

Результати наведені у табл. 5.1. Як видно з таблиці, $\Delta\bar{q} = 11,0\%$. Точність значень норми річного стоку, знятих з карти відповідає точності вихідної інформації, яка дорівнює $\sigma_{\bar{q}} = 8,0\%$.

Таким чином, запропоновану карту можна рекомендувати для визначення норми річного стоку для річок басейна Приазов'я за відсутністю даних спостережень.

Таблиця 5.1 – Оцінка точності побудування карти середньорічних модулів стоку в басейні р. Приазов'я

№ поста	Річка – пост	F , км ²	\bar{q}_ϕ , л/(с·км ²)	\bar{q}_p , л/(с·км ²)	$ \Delta\bar{q} $, %
92	р.Молочна - м. Токмак	760	1,18	1,0	15,25
93	р.Молочна - с.Терпіння	2780	0,60	0,5	16,70
94	р.Корсак – с.Аннівка	194	1,47	1,3	11,56
95	р.Лозуватка - с. Новоолексіївка	331	1,15	1,25	8,69
96	р.Обитічна – с.Шевченко	390	1,75	1,6	8,57
97	р.Обитічна - м. Приморськ	1330	1,17	1,25	6,84
98	р.Кільтиця - с. Новотроїцьке	398	1,49	1,47	1,34
99	р.Берда- с.Захарівка	718	1,82	1,8	1,10
100	р.Берда - с. Осипенко	1620	1,17	1,29	10,26
101	р.Кальміус – смт Авдотіно	263	11,4	1,91	83,24
102	р.Кальміус – с.Роздольне	1690	6,42	5,91	7,94
103	Кальміус – смт Приморське (Сартана)	3700	2,72	2,49	8,45
104	р.Мокра Волноваха – с.Миколаївка	194	2,16	2,3	6,48
105	р.Кальчик - с. Кременівка	469	2,02	2,0	0,99
106	р.Кальчик – м. Маріуполь	1250	3,64	2,5	31,32
107	р. балка Полкова – с.Кременівка	63	2,47	2,4	2,83
108	р.М.Кальчик - с. Кременівка	270	2,78	2,25	19,06
109	р.Калец – х. Перемога	164	1,71	1,7	0,58
110	р.Грузській Єланчик – с.Гусельщикове	1190	0,58	0,6	3,45
111	р.Міус - с. Стрюкове	142	3,92	3,8	3,06
112	р.Міус - с. Дмитрівка	2090	2,77	3,0	8,30
113	р.Міус – с.Куйбишеве	2450	2,61	3,0	14,94
114	р.Міус – с Матвіїв Курган	5780	2,14	2,18	1,87
115	р. Крепенька - х. Чугуно-Крепінка	224	4,59	4,0	12,85
116	р.Кринка - с. Новоселівка	582	5,44	5,5	1,10
117	р.Кринка – смт Благодатне	1690	3,3	3,4	3,03

Середнє	11,15
---------	-------

ВИСНОВКИ

1. Стік річок Приазов'я формується під впливом кліматичних чинників та чинників підстильної поверхні.
2. Формування гідрографічної мережі та режим поверхневого стоку річок Приазов'я залежить від геолого-геоморфологічних особливостей території.
3. Статистична обробка часових рядів середньорічних модулів річного стоку в басейні річок Приазов'я проводилась по 26 гідрологічних постах. Враховувалися спостереження від початку і по 2015 рік включно.
4. Середньорічні модулі стоку змінюються від $0,58 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$ до $11,4 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$.
5. Коефіцієнти варіації дають майже однакові результати за двома методами. По басейну середнє значення $C_v = 0,49$. Це свідчить про невелику мінливість у рядах річного стоку розглянутої території.
6. Співвідношення C_s/C_v в середньому знаходиться на рівні 1,73.
7. Середня квадратична похибка n -річних середніх рядів річного стоку, тобто для \bar{q} , в басейні річок Приазов'я дорівнює $\sigma_{\bar{q}} = 8,0\%$, а коефіцієнтів варіації – $C_v = 13\%$. Це задовольняє вимогам СНіП 2.01.14.83.
8. За результатами перевірки на однорідність неоднорідними виявилось 11 гідрологічних постів.
9. Для встановлення неоднорідності були побудовані графіки тренду.
 10. По неоднорідних постах існує тренд. Аналіз графіків тренду дав підставу розділити їх на дві групи: до однієї відносились графіки, на яких зі збільшенням років тренд зростає, до другої – графіки, де тренд зі збільшенням років зменшується.
 11. Після аналізу на однорідність, враховуючи, що у наявних рядах

річного стоку існують групи років з різною водністю, була проаналізована циклічність за методом різницевих інтегральних кривих.

12. Деякі криві мали розриви, але взагалі вони утворюють замкнуті цикли.

13. Для здійснення узагальнення норми річного стоку по території було виключено вплив місцевих факторів у вигляді залежностей $\bar{q} = f(f_l)$, $\bar{q} = (H_{cp})$, але спочатку необхідно виключити вплив широтного положення водозборів. З цієї метою будується залежність $\bar{q} = f(\varphi^\circ)$.

14. Проаналізувавши можливий вплив різних факторів на розподіл по розглянутій території Приазов'я норми річного стоку \bar{q} (л/с·км²), можна зробити висновок що основним чинником є лише широтне положення водозборів.

15. Наявність залежності $\bar{q} = f(\varphi^\circ \text{ пн.ш.})$ є підставою для картування \bar{q} (л/с·км²).

16. Точність значень норми річного стоку, знятих з карти дорівнює $\Delta\bar{q} = 11,0\%$ і відповідає точності вихідної інформації, яка дорівнює $\sigma_{\bar{q}} = 8,0\%$.

17. Таким чином, запропоновану карту можна рекомендувати для визначення норми річного стоку для річок басейна Приазов'я за відсутністю даних спостережень.

Апробація роботи: основні результати магістерської кваліфікаційної роботи представлені на наукових семінарах кафедри гідрології суші та на першому етапі Всеукраїнського конкурсу наукових робіт, також на студентській науковій конференції молодих вчених Одеського державного екологічного університету (06-10 травня 2019 р.).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ресурсы поверхностных вод СССР Т.6. Украина и Молдавия. Вып.3. Бассейн Северского Донца и реки Приазов'я / [под ред. М.С.Каганера]. Л.:Гидрометеиздат, 1967. 492 с.
2. Клімат України: у минулому... і майбутньому? (за ред.. М.І. Кульбіді, М.Б. Барабаш): Монографія. - Київ: Сталь, 2009. 234 с.
3. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України: [монографія] /за ред. С.М.Степаненка, А.М.Польового. Одеса: Екологія, 2011. 696 с.
4. Швебс Г.І., Ігошин М.І.. Каталог річок і водойм України (навчально-довідковий посібник). - Одеса: Астропрінт, 2003. 392 с.
5. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). К.: Ніка-Центр, 2010. 316 с.
6. Вишневський В.І., Косовець О.О. Гідрологічні характеристики річок України, К.: Ника-центр. 2003. 324 с.
7. Гопченко Є.Д, Овчарук В.А., Лобода Н.С. Гідрологічні розрахунки.- Одеса:ТЕС, 2014. 483 с
8. Гопченко Е.Д., Гушля А.В. Гидрология с основами мелиорации. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. 302 с.
9. Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии.-Л., Гидрометеиздат, 1973. 424 с.
10. Клибашев К.П., Горошков И.Ф. (под ред. Чеборарева А.И. Гидрологические расчеты –Л.: Гидрометеиздат, 1970. 459 с.
11. Лобода Н.С. Збірник методичних вказівок до практичних занять з дисципліни «Гідрологічні розрахунки». – Одеса, ОДЕКУ, 2005. 56 с.
12. Шакірманова Ж.Р., Бурлуцька М.Е. Гідрологічні розрахунки і прогнози: Конспект лекцій. – Одеса: Вид-во: ОДЕКУ, 2016. 158 с.

13. Овчарук В.А. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Гідрологічні розрахунки». – Одеса, ОДЕКУ, 2004. 47 с.

14. Лобода Н.С. Розрахунок та узагальнення характеристик річного стоку річок України в умовах антропогенного впливу: Монографія. – Одеса: Екологія , 2005. 208 с.

ДОДАТОК А

Результати розрахунку статистичних параметрів річного стоку в басейні річок Приазов'я

№ п/п	Річка-пост	F, км ²	n, роки	\bar{q} , л/(с·км ²)	Метод моментів		Метод найб.правдоп.	
					C _v	C _s	C _v	C _s /C _v
1	2	3	4	5	6	7	8	9
92	р.Молочна - м. Токмак	760	65	1,18	0,39	0,94	0,39	2,5
93	р.Молочна - с.Терпіння	2780	47	0,60	0,71	1,28	0,72	2,0
94	р.Корсак – с.Аннівка	194	17	1,47	0,59	0,76	0,6	1,5
95	р.Лозуватка - с. Новоолексіївка	331	57	1,15	0,54	1,56	0,53	3,3
96	р.Обитічна – с.Шевченко	390	32	1,75	0,47	0,86	0,47	2,0
97	р.Обитічна - м. Приморськ	1330	49	1,17	0,66	1,42	0,66	2,4
98	р.Кільтичя - с. Новотроїцьке	398	33	1,49	0,52	1,58	0,52	3,8
99	р.Берда- с.Захарівка	718	49	1,82	0,49	0,82	0,49	1,8
100	р.Берда - с. Осипенко	1620	60	1,17	0,63	1,33	0,63	2,3
101	р.Кальміус – смт Авдот'їно	263	37	1,44	0,44	-0,24	0,44	-0,2
102	р.Кальміус – с.Роздольне	1690	58	6,42	0,27	0,71	0,27	-1,6
103	Кальміус – смт Приморське (Сартана)	3700	77	2,72	0,39	0,03	0,39	0,2
104	р.Мокра Волноваха – с.Миколаївка	194	63	2,16	0,54	0,59	0,54	1,2
105	р.Кальчик - с. Кременівка	469	53	2,02	0,39	1,29	0,38	3,7
106	р.Кальчик – м. Маріуполь	1250	75	3,64	0,76	1,65	0,77	2,4
107	р. балка Полкова – с.Кременівка	63	17	2,47	0,43	1,65	0,44	5,8
108	р.М.Кальчик - с. Кременівка	270	51	2,78	0,38	0,87	0,38	2,5

Продовження додатку А

1	2	3	4	5	6	7	8	9
109	р.Калец – х. Перемога	164	18	1,71	0,45	1,13	0,45	3,3
110	р.Грузькій Єланчик – с.Гусельщикове	1190	26	0,58	0,91	1,71	0,94	2,5
111	р.Міус - с. Стрюкове	142	54	3,92	0,44	0,57	0,44	1,4
112	р.Міус - с. Дмитрівка	2090	50	2,77	0,4	0,11	0,4	0,4
113	р.Міус – с.Куйбишеве	2450	18	2,61	0,43	0,47	0,43	1,3
114	р.Міус – с.Матвійв Курган	5780	25	2,14	0,45	1,17	0,45	0,5
115	р. Крепенька - х. Чугуно-Крепінка	224	19	4,59	0,27	0,03	0,28	0,6
116	р.Кринка - с. Новоселівка	582	64	5,44	0,45	0,21	0,45	0,5
117	р.Кринка – смт Благодатне	1690	60	3,3	0,46	0,19	0,45	0,5
Середнє значення								1,73

ДОДАТОК Б

Розрахунок середньої квадратичної похибки статистичних параметрів річного стоку в басейні річок Приазов'я

№ поста	Річка-пост	F , км ²	п, роки	\bar{q} , л/(с·км ²)	C_v	σ_n	σ_{C_v}
92	Молочна - м. Токмак	760	65	1,18	0,39	4,84	9,41
93	Молочна - с.Терпіння	2780	47	0,60	0,72	10,50	12,71
94	Корсак – с.Аннівка	194	17	1,47	0,6	14,55	20,00
95	Лозуватка - с. Новоолексіївка	331	52	1,19	0,53	7,35	11,10
96	Обитічна – с.Шевченко	390	32	1,75	0,47	8,31	13,81
97	Обитічна - м. Приморськ	1330	44	1,26	0,61	9,20	12,49
98	Кільтиця - с. Новотроїцьке	398	33	1,49	0,52	9,05	13,87
99	Берда- с.Захарівка	718	44	1,91	0,47	7,09	11,78
100	Берда - с. Осипенко	1620	55	1,20	0,63	8,49	11,27
101	Кальміус – смт Авдот'їно	263	37	11,44	0,44	7,23	12,70
102	Кальміус – с.Роздольне	1690	58	6,42	0,27	3,55	9,62
103	Кальміус – смт Приморське	3700	72	2,77	0,39	4,60	8,94
104	Мокра Волноваха – с.Миколаївка	194	58	2,25	0,52	6,83	10,47
105	Кальчик - с. Кременівка	469	48	2,09	0,38	5,48	10,92
106	Кальчик – м. Маріуполь	1250	75	3,64	0,77	8,89	10,31
107	балка Полкова – с.Кременівка	63	17	2,47	0,44	10,67	18,74
108	М.Кальчик - с. Кременівка	270	46	2,78	0,4	5,90	11,23
109	Калец – х. Перемога	164	18	1,71	0,45	10,61	18,28
110	Грузській Еланчик – с.Гусельщикове	1190	26	0,58	0,94	18,43	19,03
111	Міус - с. Стрюкове	142	54	3,92	0,44	5,99	10,51
112	Міус - с. Дмитрівка	2090	46	2,83	0,4	5,90	11,23
113	Міус – с.Куйбишеве	2450	18	2,61	0,43	10,14	18,14
114	Міус – с.Матвіїв Курган	578	25	2,14	0,45	9,00	15,51
115	р. Крепенька - х. Чугуно-Крепінка	224	19	4,59	0,28	6,42	16,85
116	Кринка - с. Новоселівка	582	64	5,44	0,45	5,63	9,69
117	Кринка – смт Благодатне	1690	56	3,35	0,45	6,01	10,36
Середнє						8,10	13,04

ДОДАТОК В
Графіки трендів

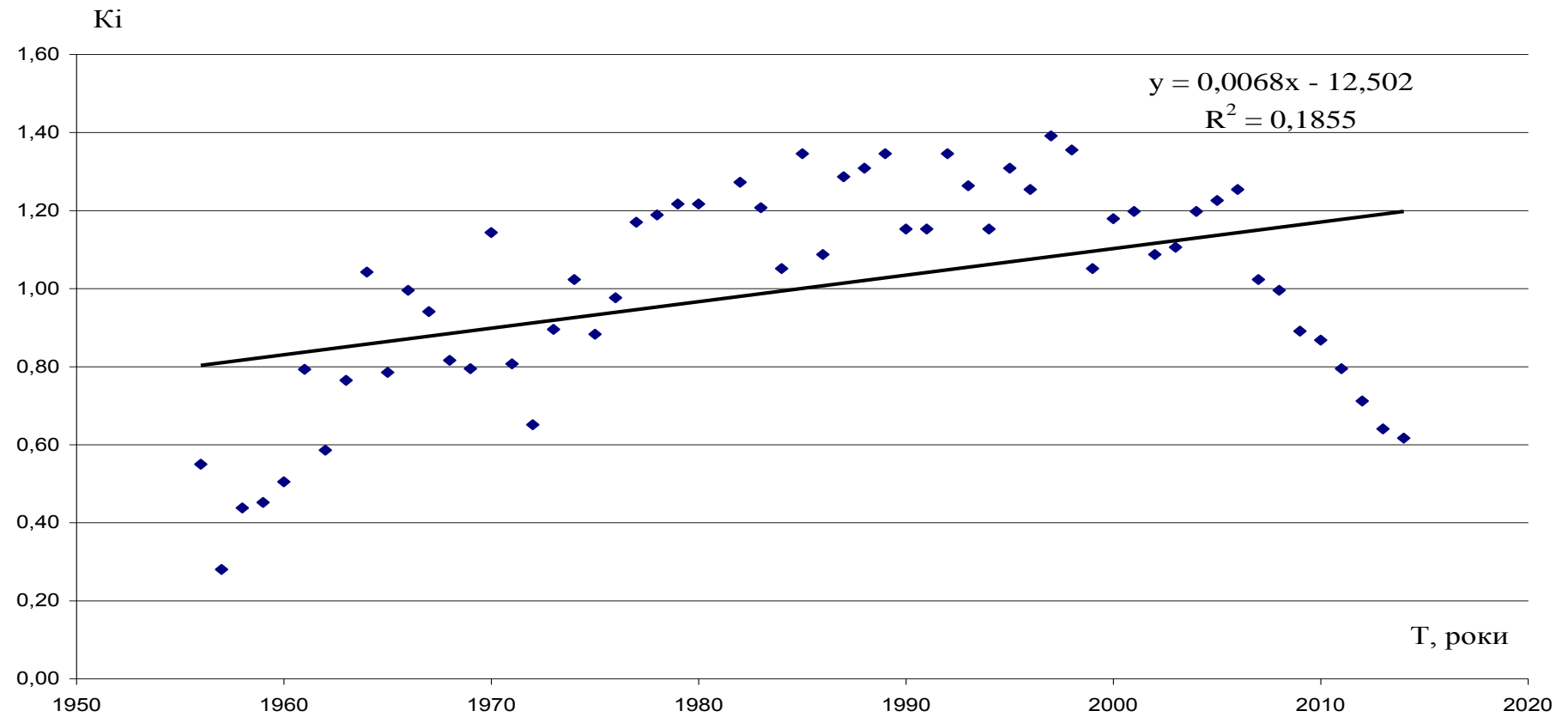


Рисунок В.1 – Визначення тренду р.Кальміус - с. Роздольне

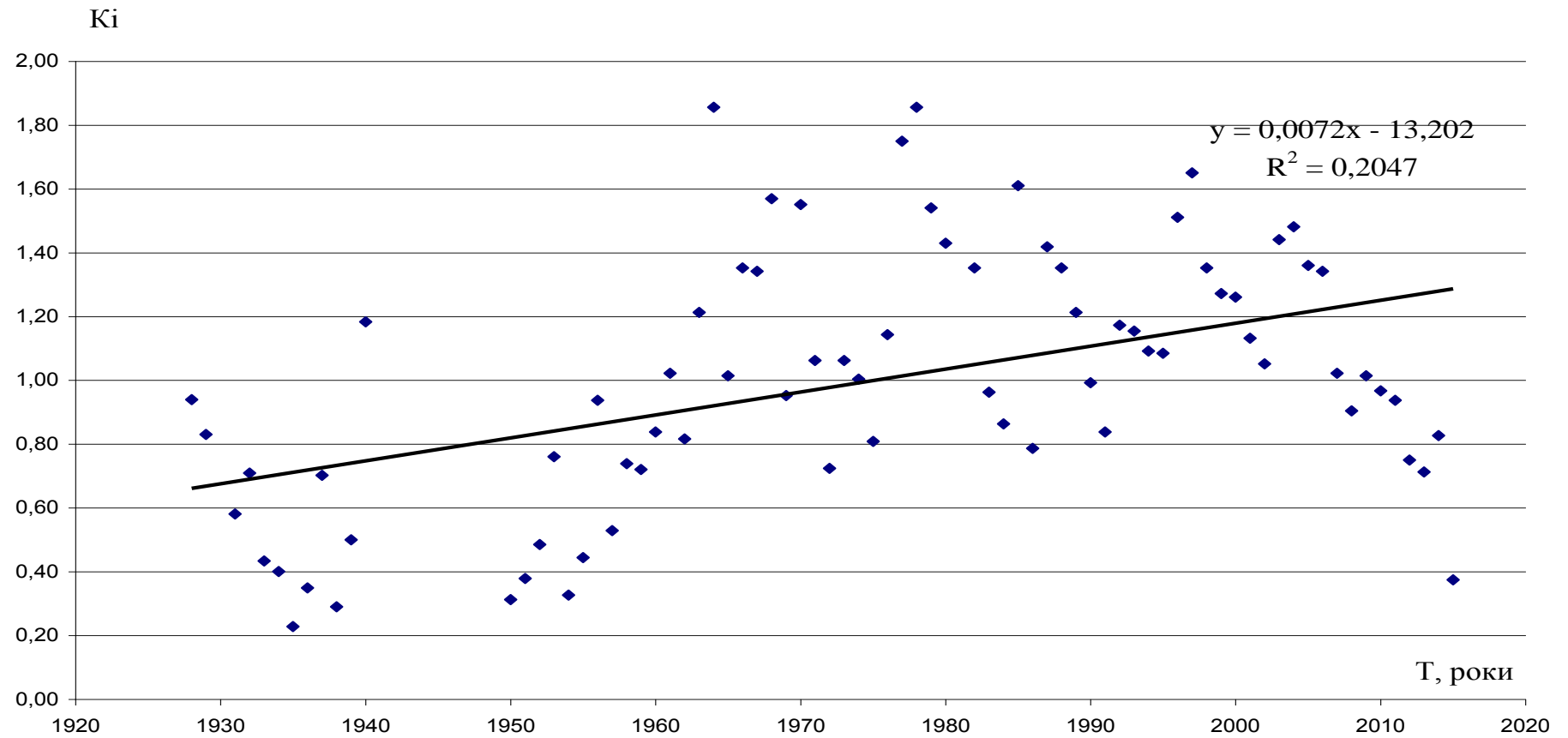


Рисунок В.2 – Визначення тренду р. Кальміус – смт Приморське

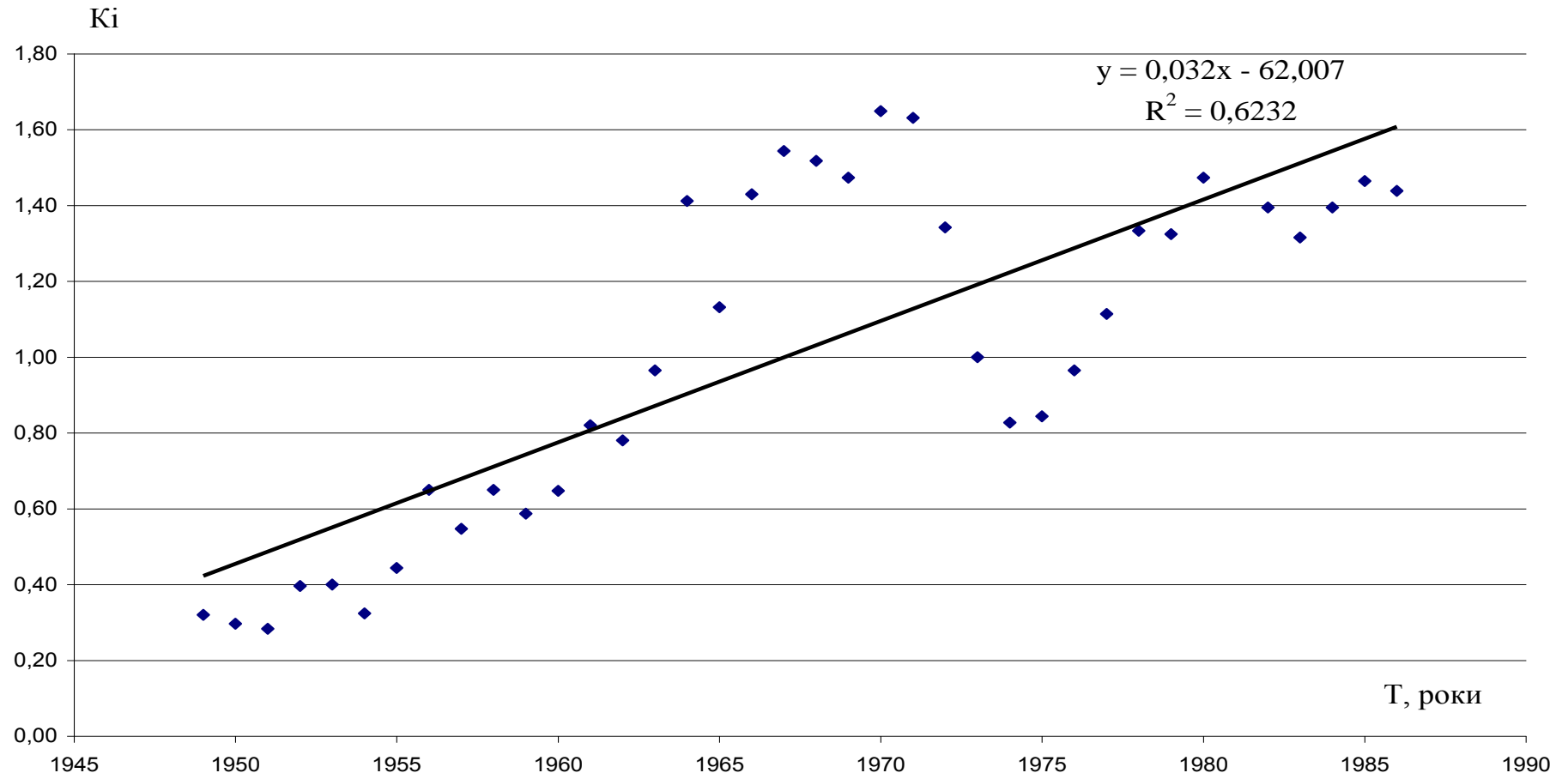


Рисунок В.3 – Визначення тренду р.Кальміус- смт. Авдот'іно

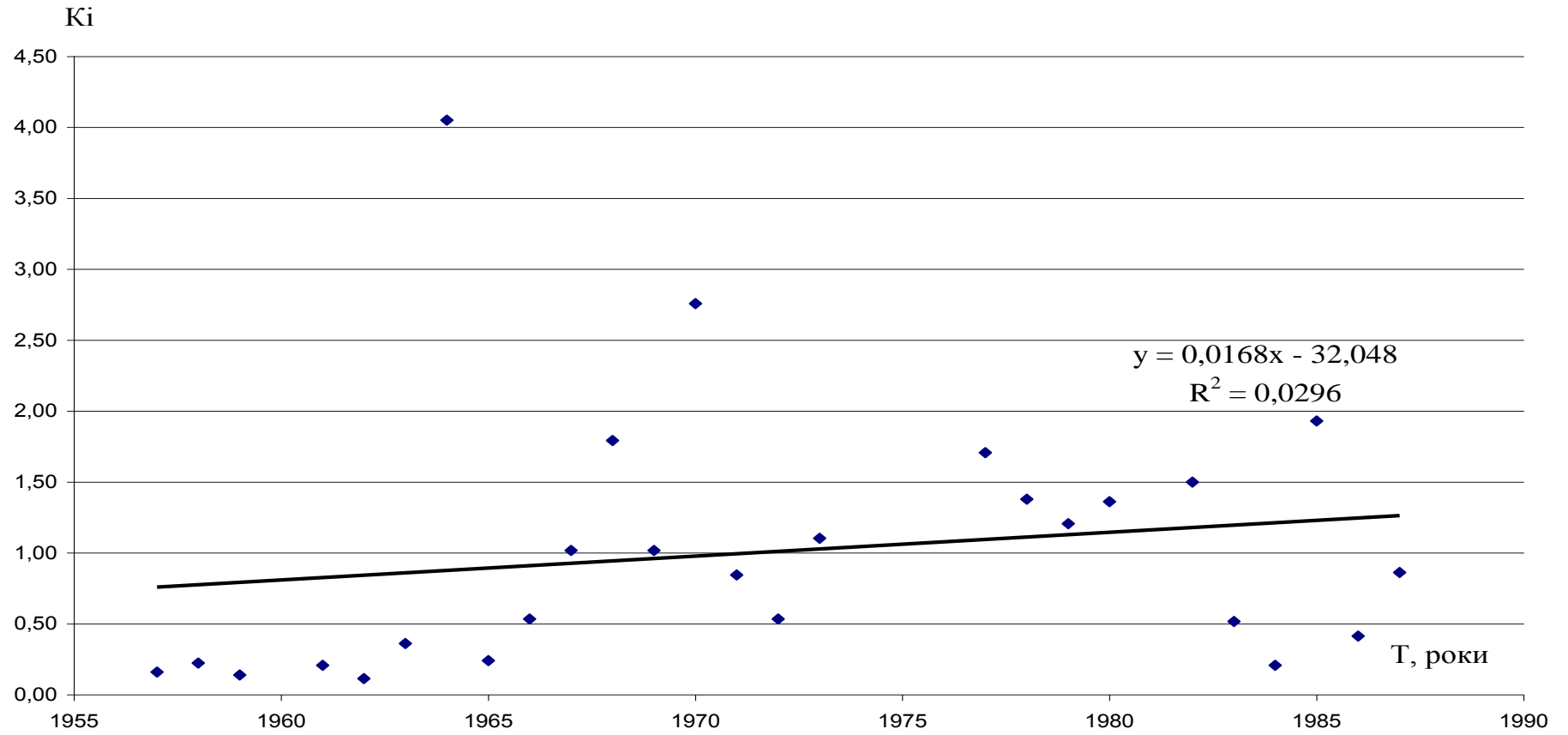


Рисунок В.4 - Визначення тренду р.Грузський Єланчик - с. Гусельщикове

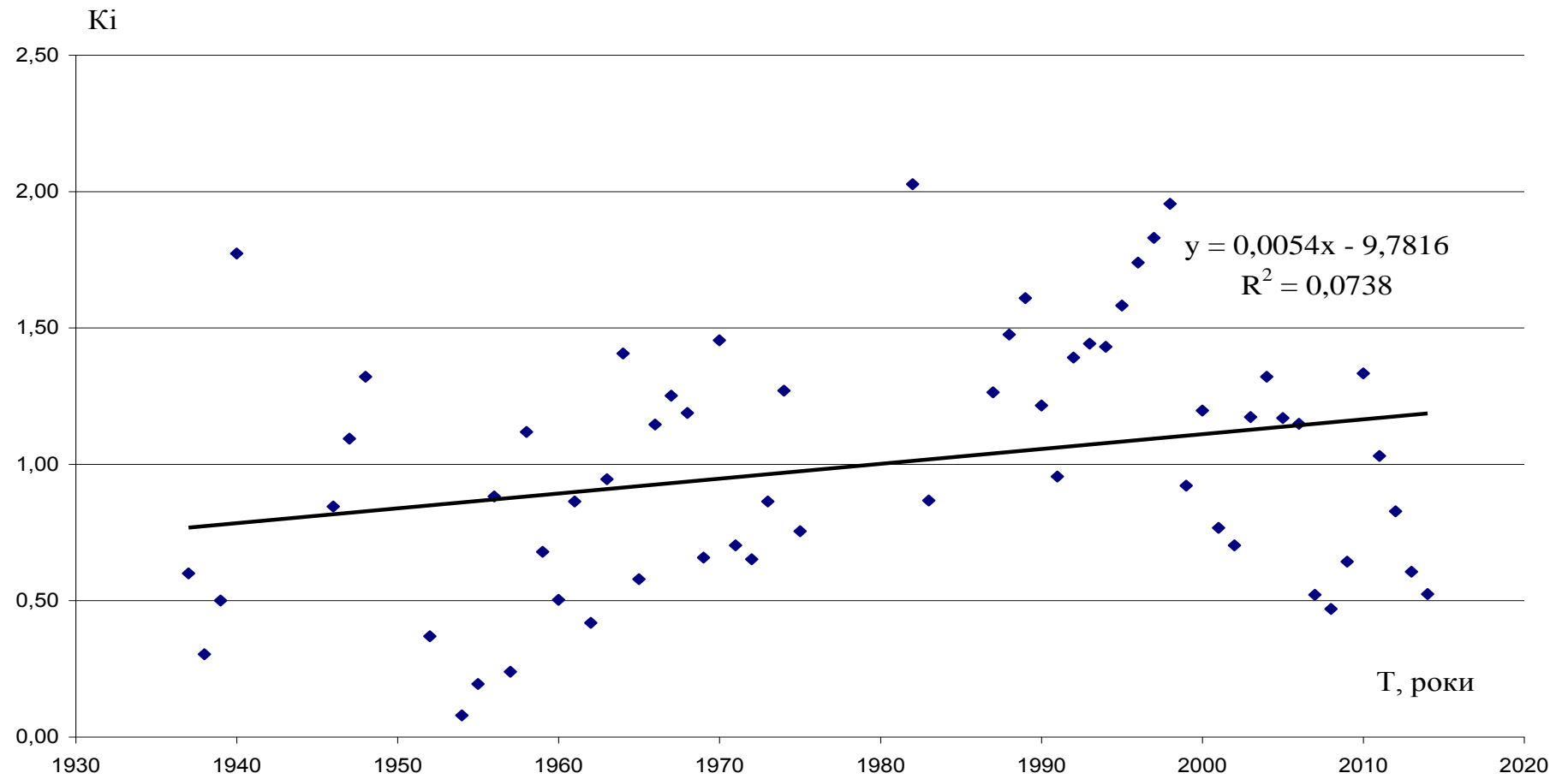


Рисунок В.5 – Визначення тренду р. Кринка - смт Благодатне

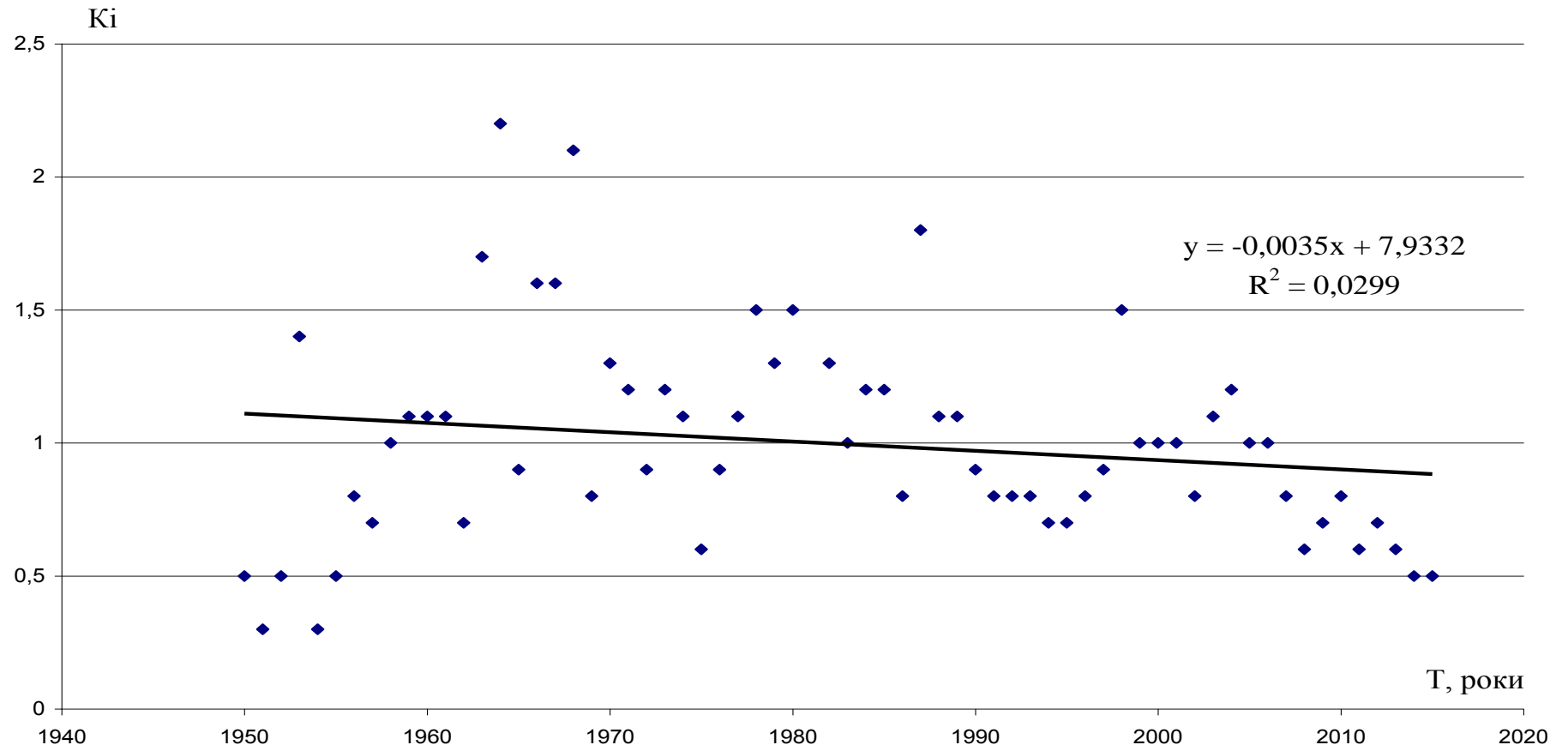


Рисунок В.6 – Визначення тренду р.Молочна- м.Токмак

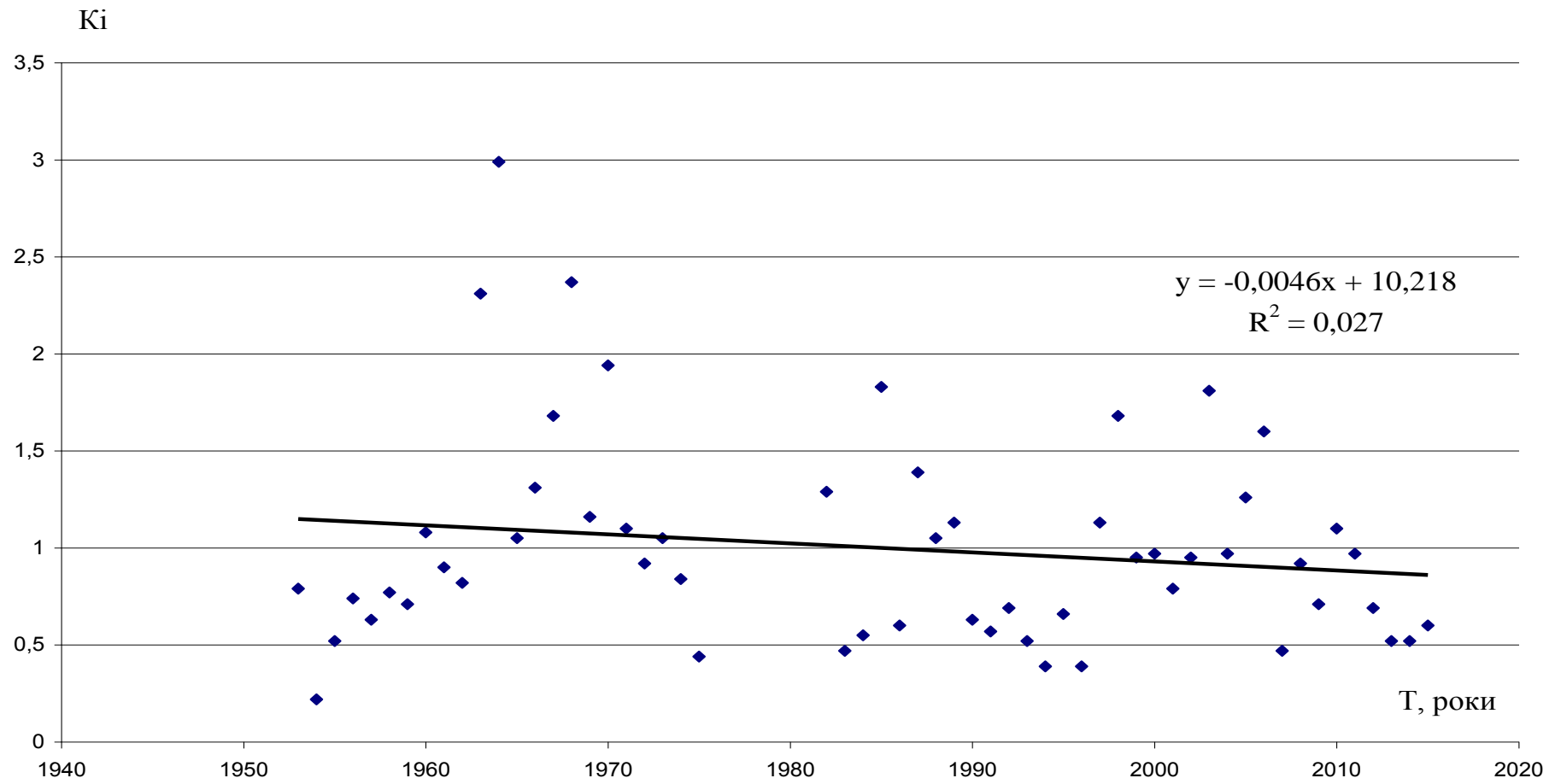


Рисунок В.7 – Визначення тренду р.Лозуватка-с.Новоолексївка

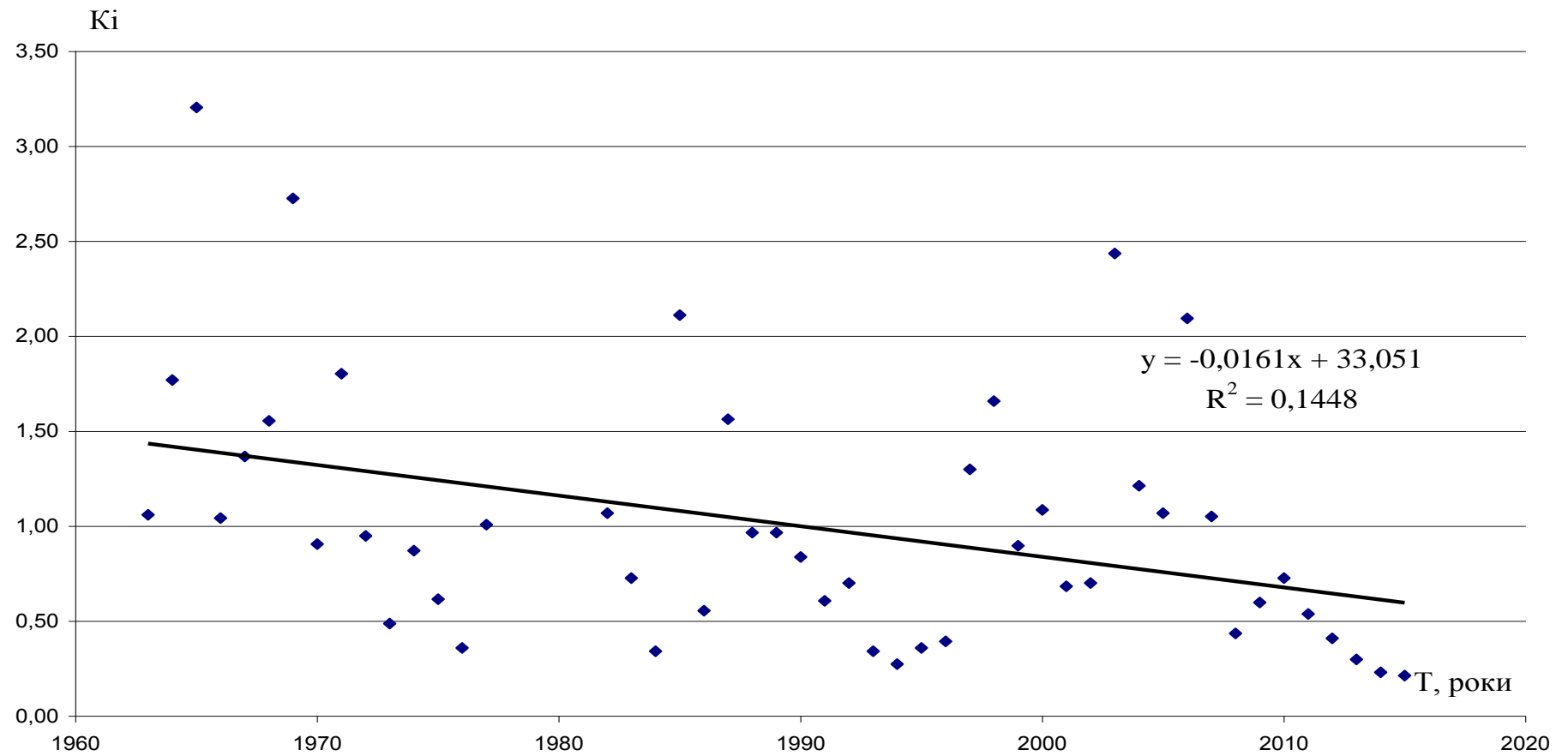


Рисунок В.8 – Визначення тренду р. Обитічна - м. Приморськ

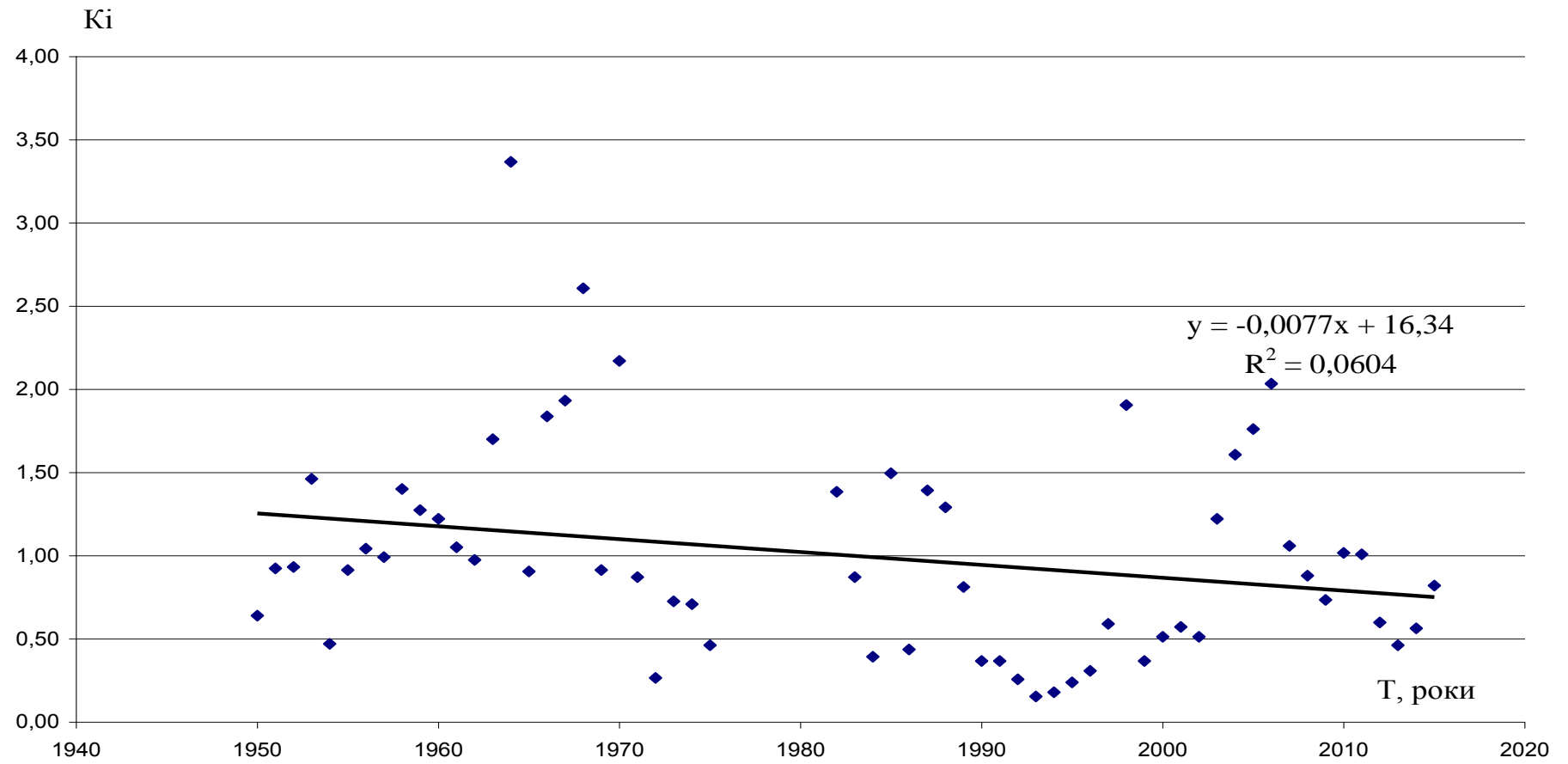


Рисунок В.9 – Визначення тренду р.Берда - с.Осипенко

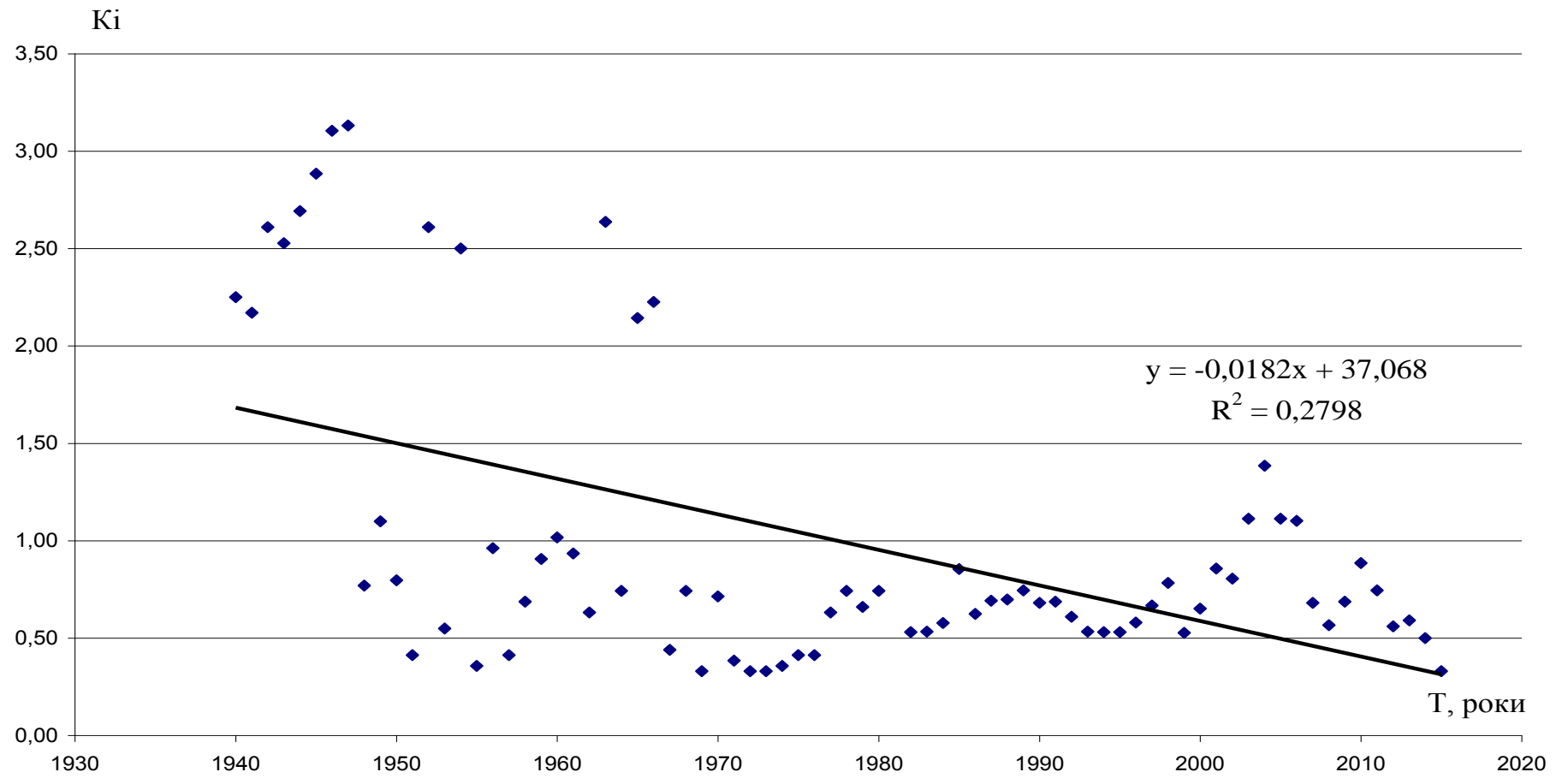


Рисунок В.10 – Визначення тренду р.Кальчик - м. Маріуполь

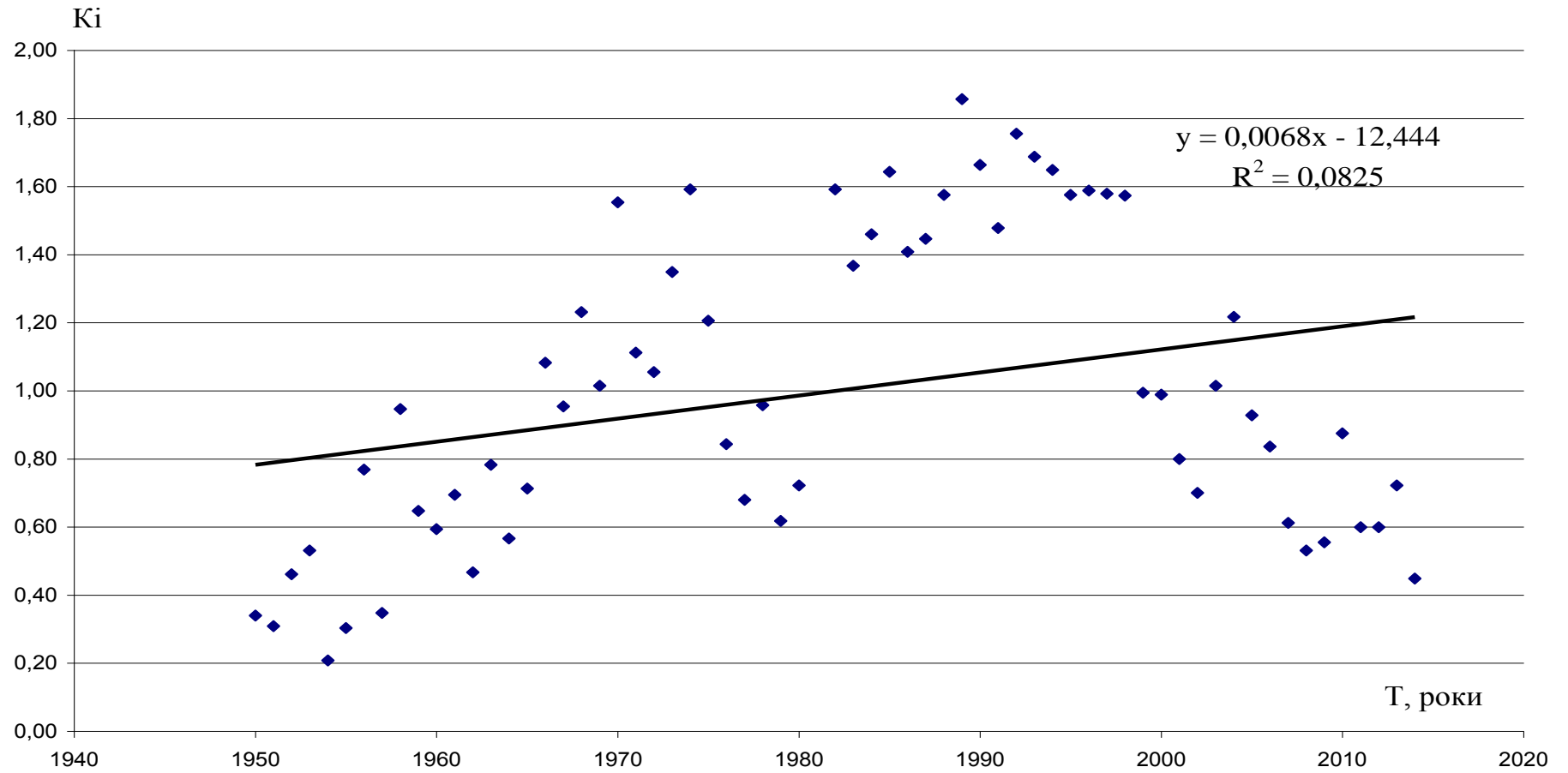


Рисунок В.11 – Визначення тренду р. Кринка - с.Новоселівка

ДОДАТОК Г

Графіки різницевої інтегральних кривих

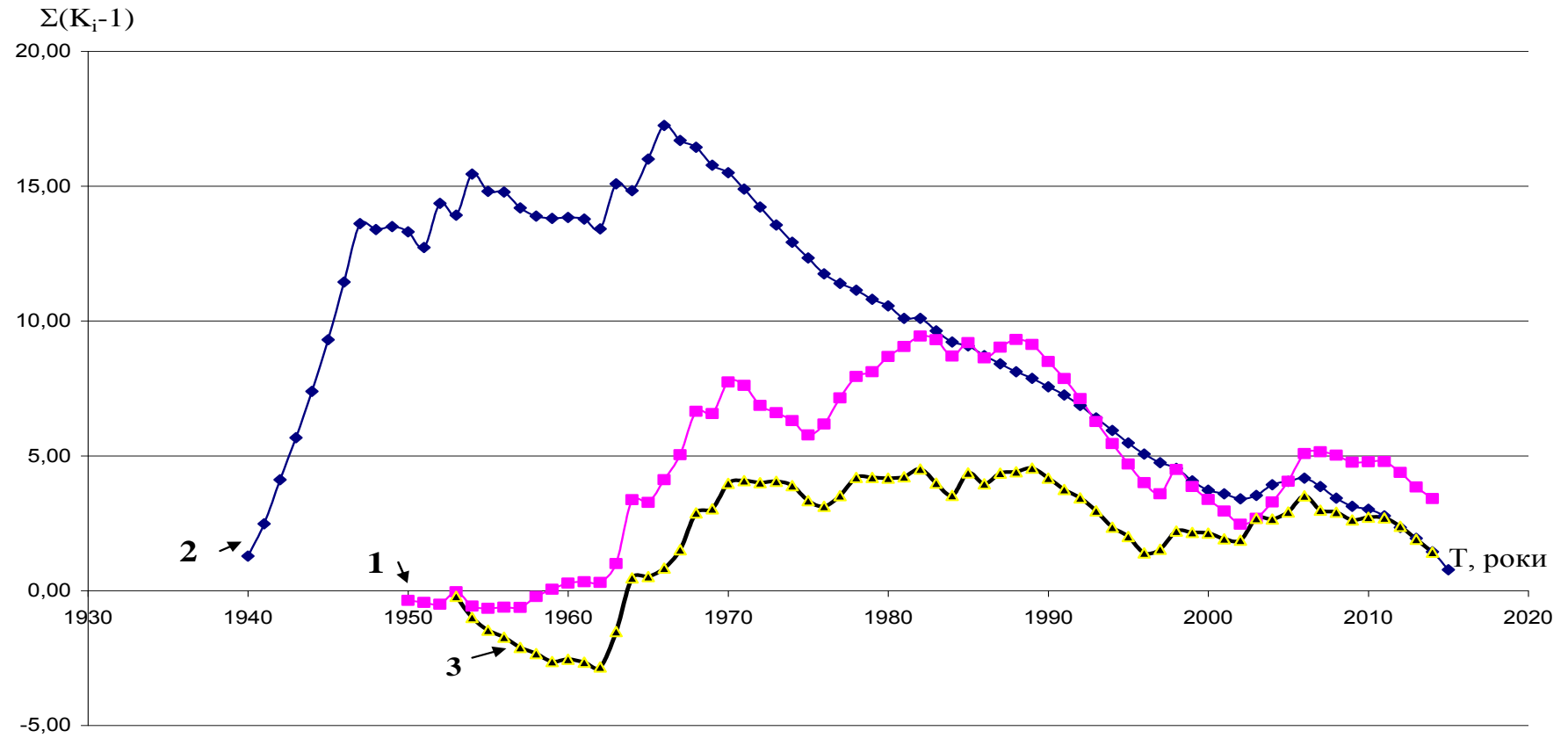


Рисунок Г.1 - Різницеві інтегральні криві: 1 - р. Берда - с. Осипенко; 2 - р. Кальчик - м. Маріупіль;
3 - р. Лозватка - с. Новоолексіївка

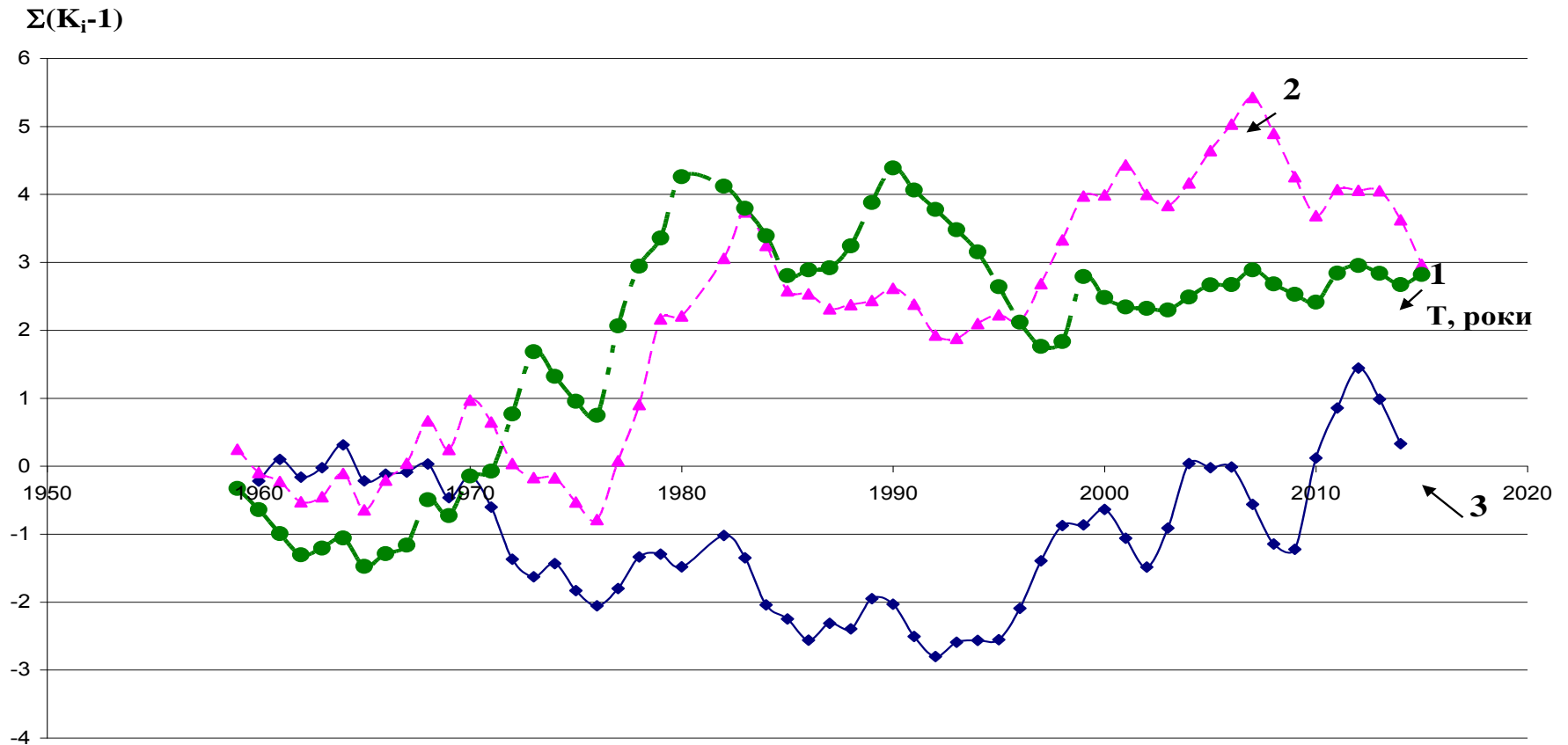


Рисунок Г.2 - Різницеві інтегральні криві: **1** - р. Міус - с. Стрюкове; **2** - р. Міус - с. Дмитрівка;
3 - р. М, Кальчик - с. Кременівка

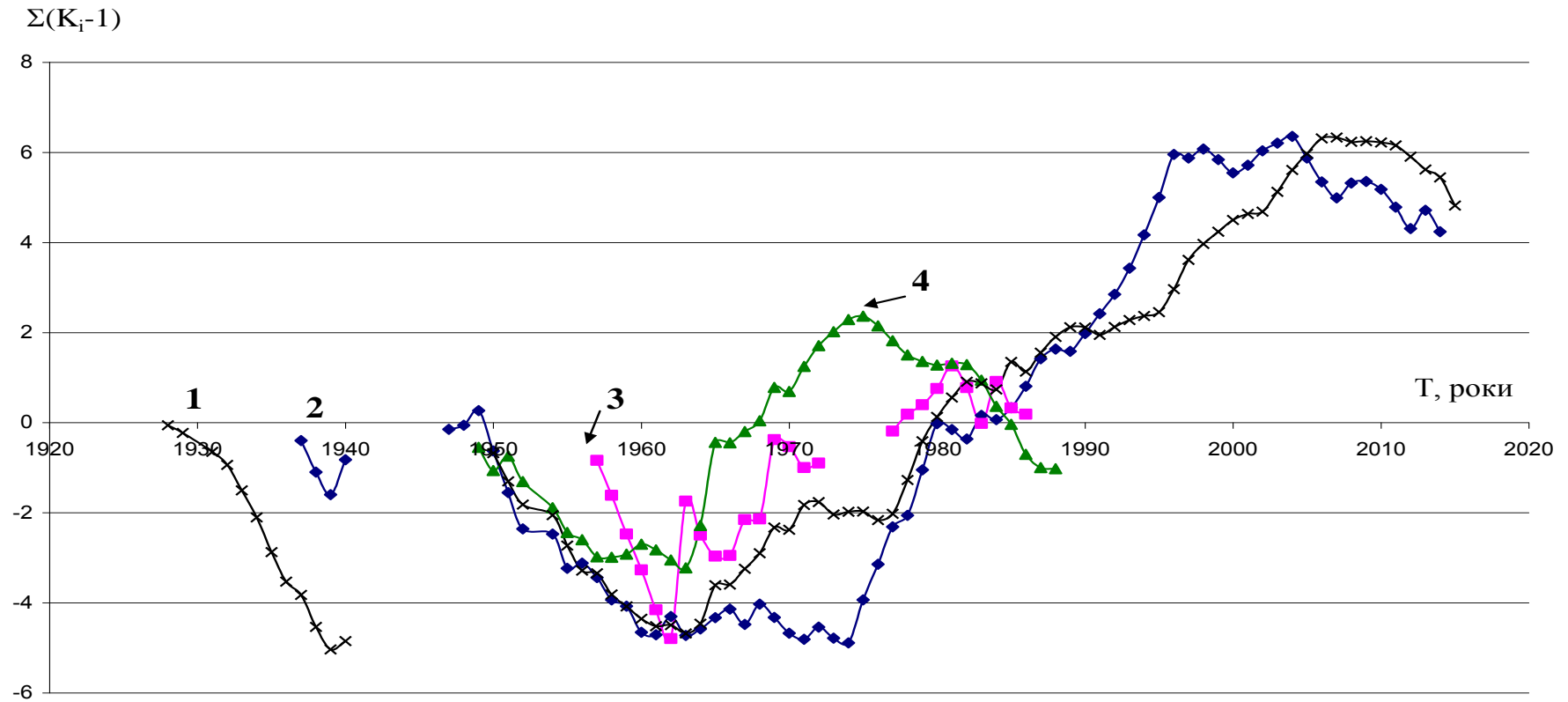


Рисунок Г.3 - Різницеви інтегральні криві: 1- р.Кальміус-сmt Приморське; 2 - р.Кринка -с.Благодатне;
3 - р. Грузський Єланчик - с. Гусельщикове; 4 - р. Кільтиччя - с. Новотроїцьке

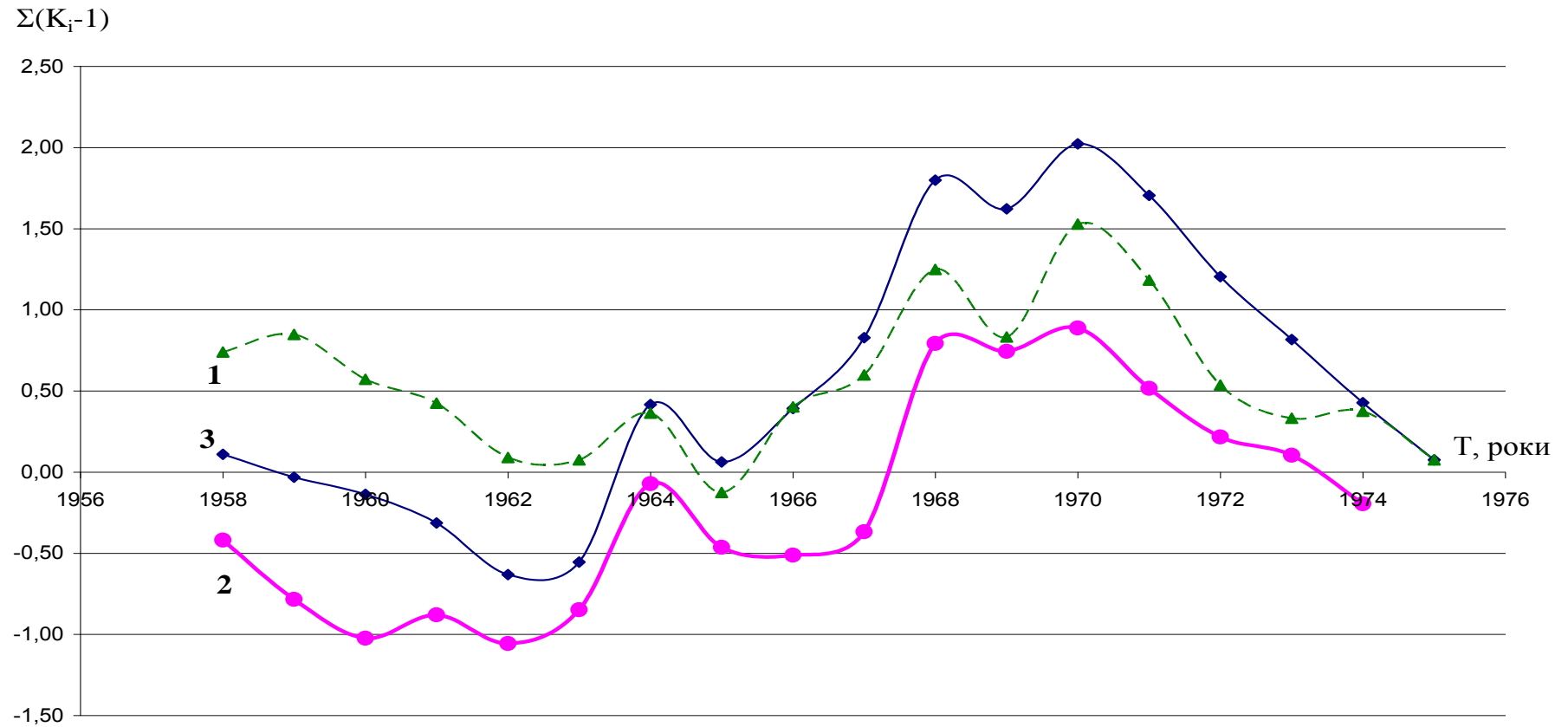


Рисунок Г.4 - Різницеві інтегральні криві: 1-р. Міус - с. Куйбишеве; 2 - р.балка Полкова - с. Кременівка;
3 - р. Калец - с. Перемога

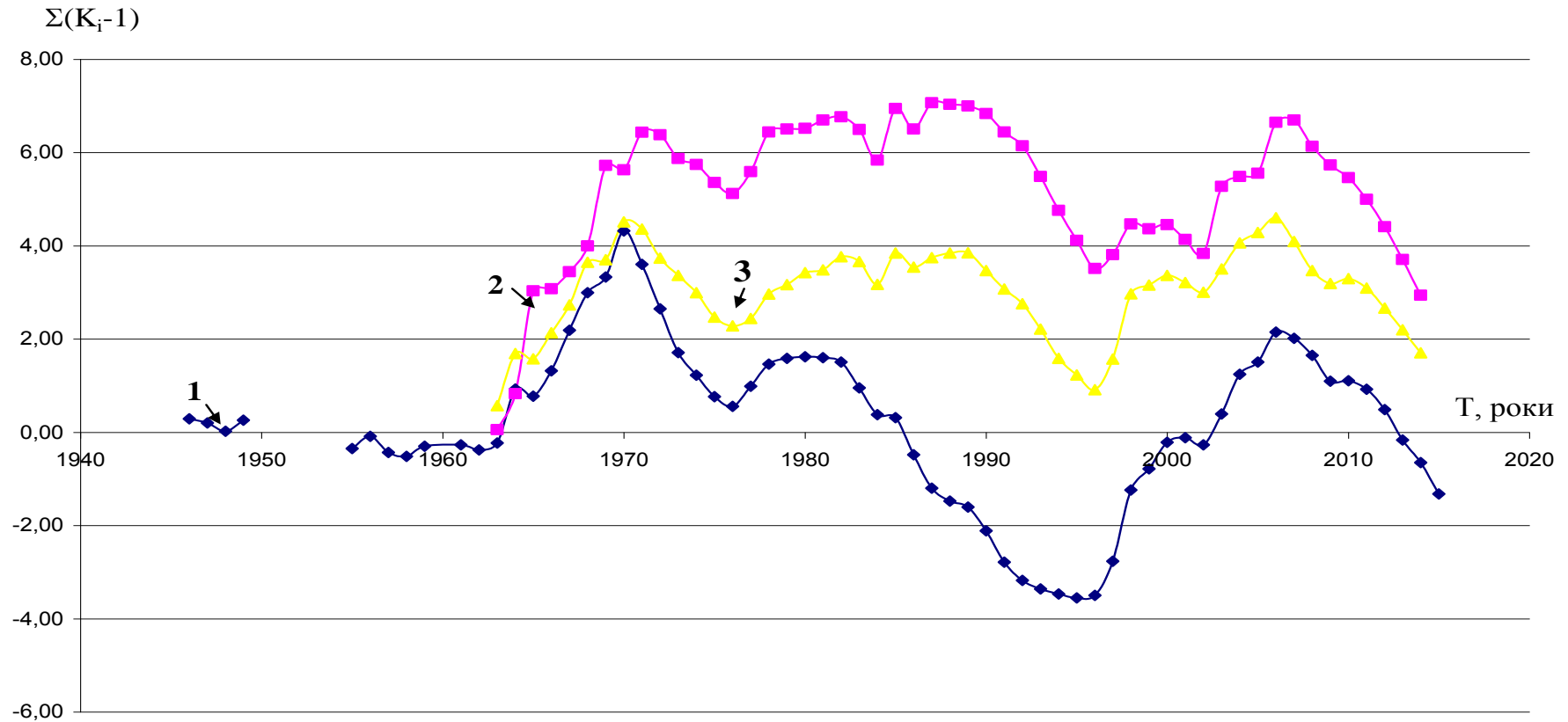


Рисунок Г.5 - Різницеви інтегральні криві: 1 - р. Мокра Волноваха - с. Миколаївка;
2 - р.Обитічна - м. Приморськ; 3 - р. Берда - с. Захарівка

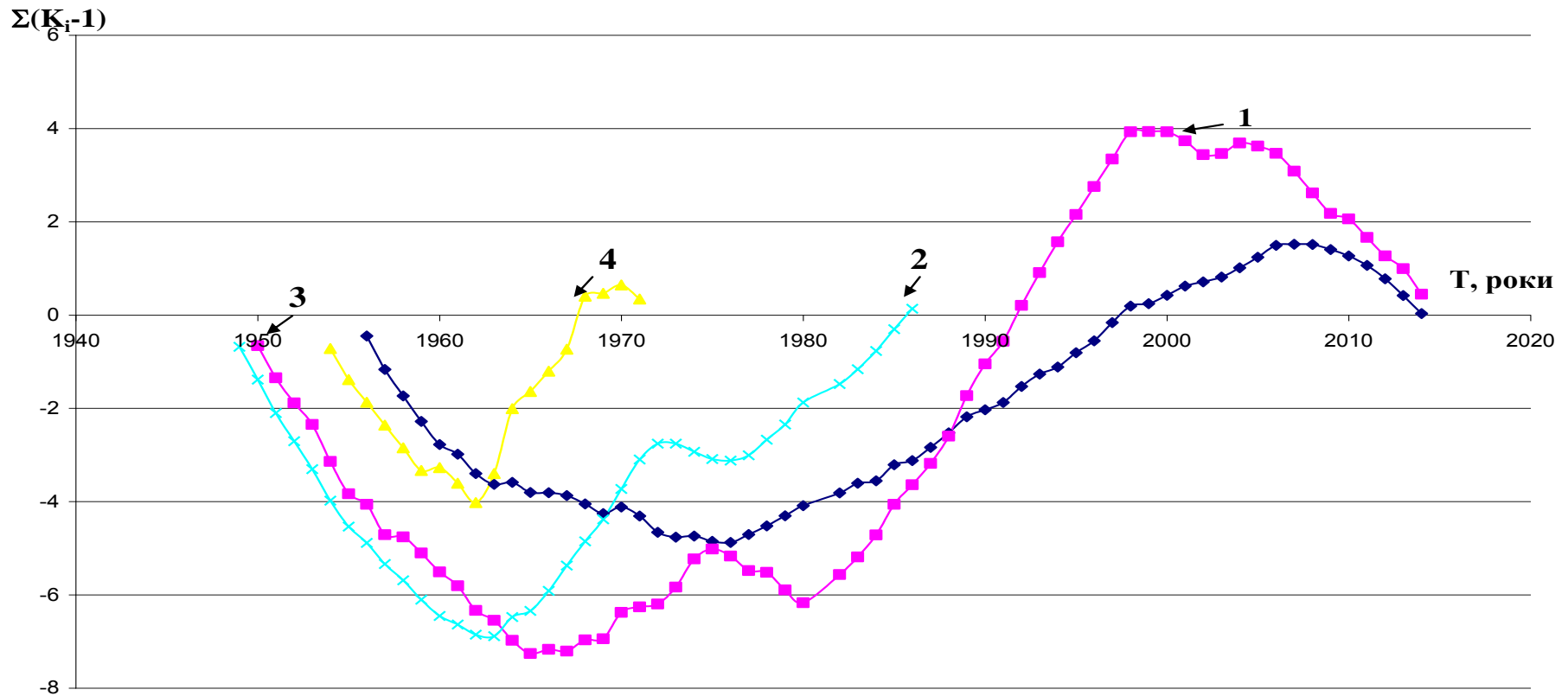


Рисунок Г.6 - Різницеві інтегральні криві: 1- р. Кринка - с. Новоселівка; 2- р. Кальміус - с. Авдот'їно;
3 - р.Кальміус - с. Роздольне; 4 - р.Корсак - с. Аннівка

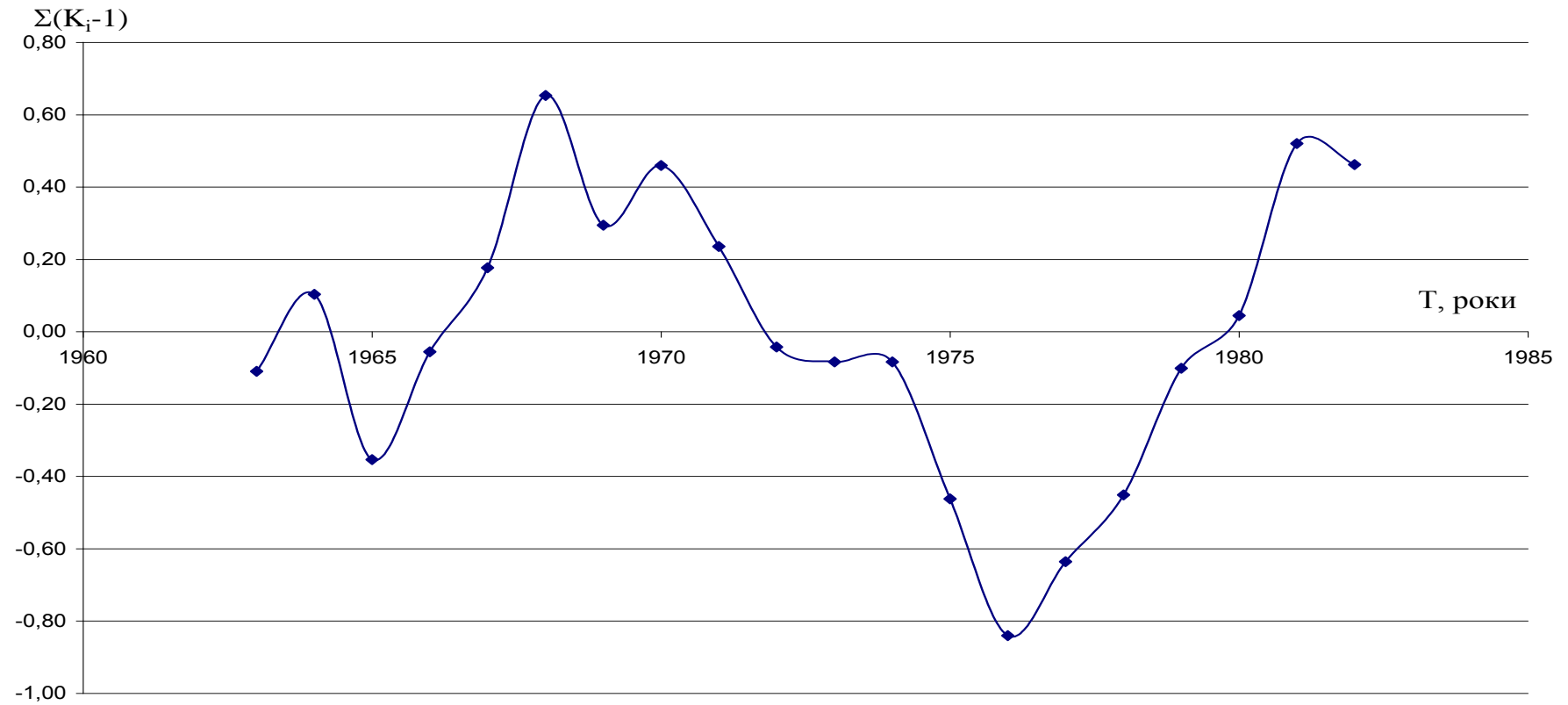


Рисунок Г.7 – Різницева інтегральна крива р. Крепенька – х. Чугуно-Крепенька

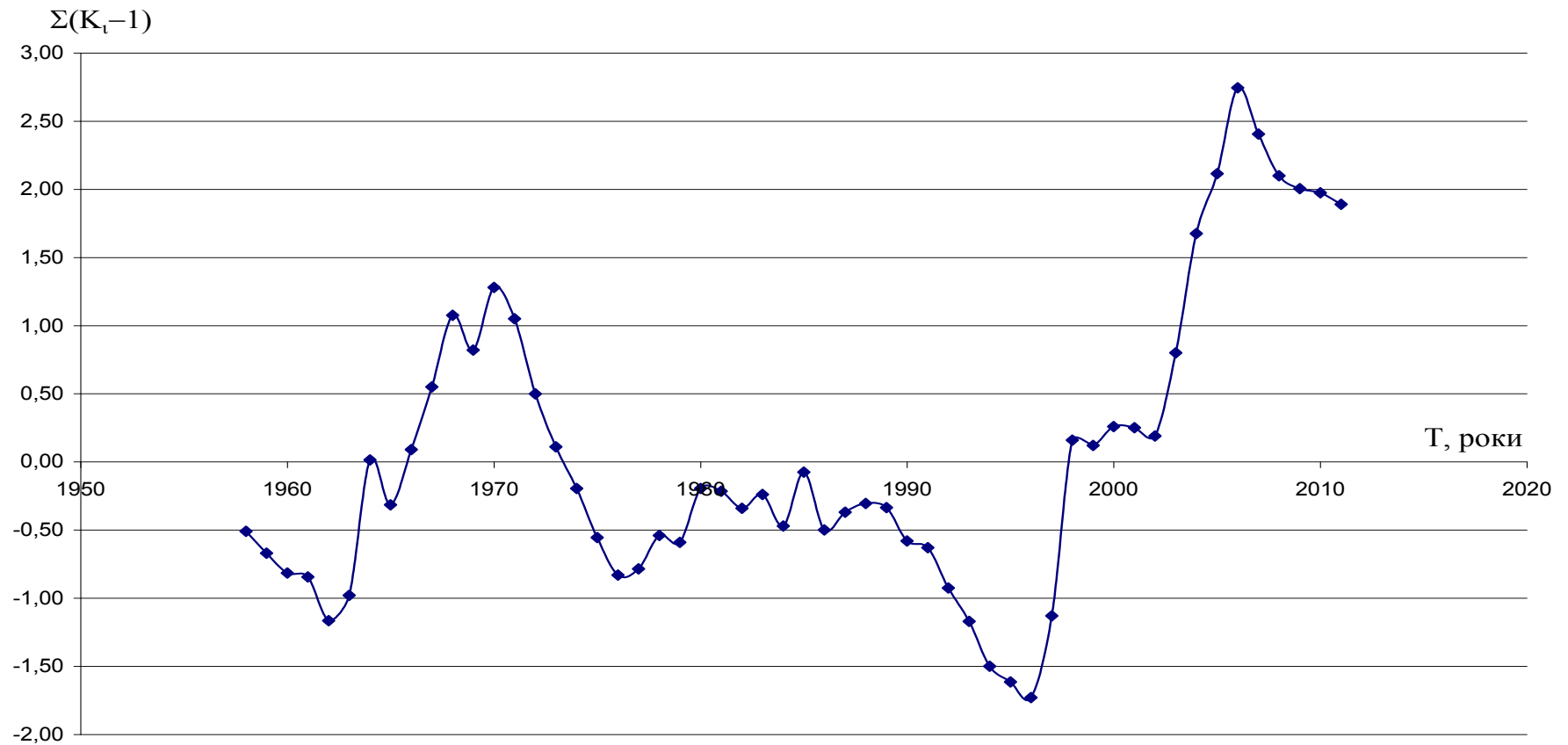


Рисунок Г.8 - Різницева інтегральна крива р. Кальчик - с. Кременівка

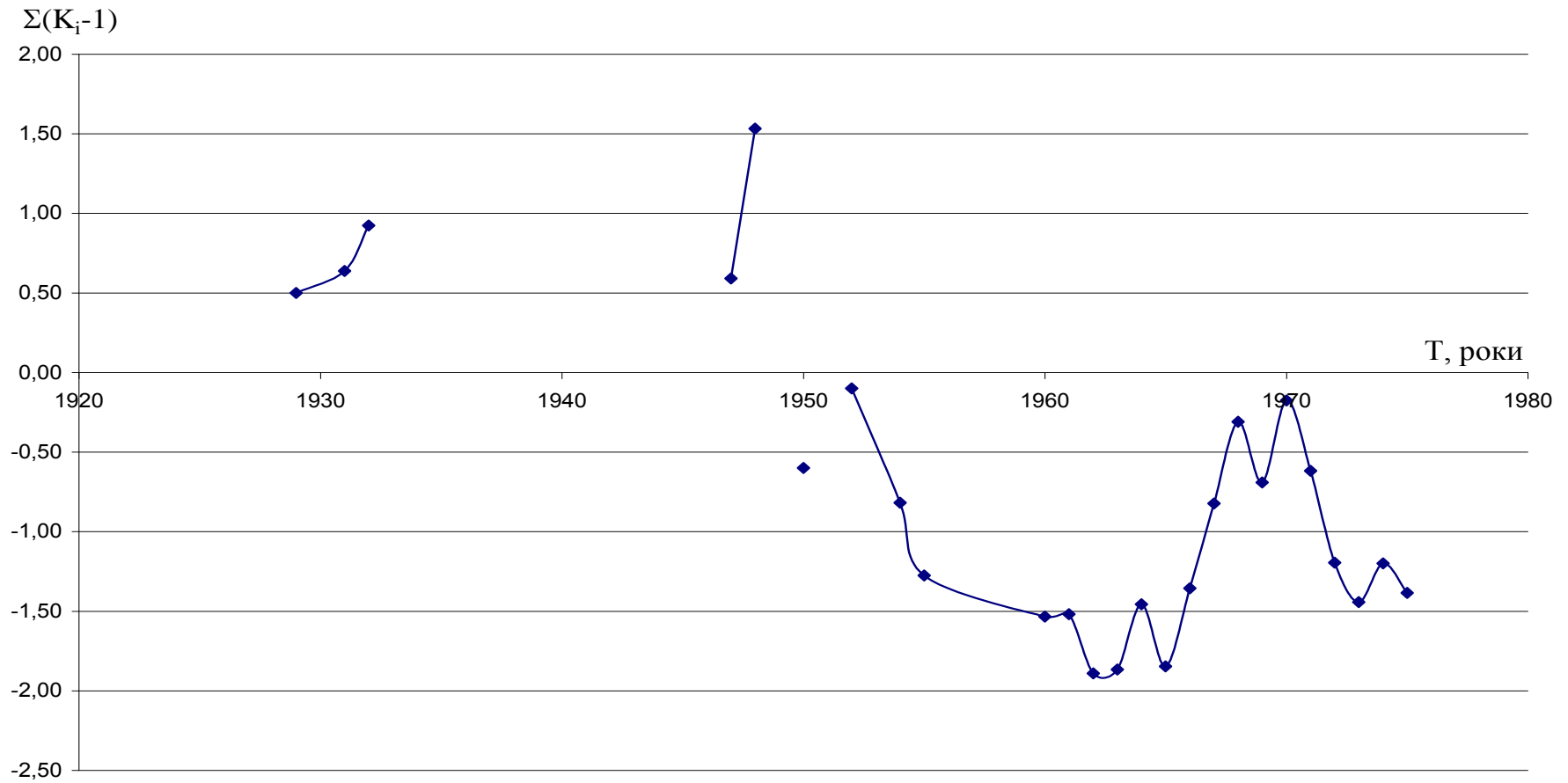


Рисунок Г.9 - Різницева інтегральна крива р. Міус - с.Матвіїв Курган