МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та

аспірантської підготовки

Кафедра гідрології суші

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: Річний стік в басейні р. Десна

Виконав студент 2 року навчання
групи МГ-61
спеціальності 103 «Науки про Землю»
Осадчий Микола Миколайович

Керівник к.геогр.н., доцент
Бурлуцька Марія Едуардівна

Рецензент к.геогр.н., доцент
Романчук Марина Євгенівна

Одеса 2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Магістерської та аспірантської підготовки
Кафедра гідрології суші
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 103 «Науки про Землю»
(шифр і назва)
Освітня програма Гідрологія
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри гідрології суші
д-ргеогр.н.,проф.Шакірзанова Ж.Р.
"26" березня 2018 року

З А В Д А Н Н Я

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Осадчому Миколі Миколайовичу

1. Тема роботи_Річний стік в басейні р.Десна
керівник робот Бурлуцька Марія Едуардівна , к. геогр.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від "02" 11.2017 року 321 С
2. Строк подання студентом роботи 01.06. 2018р.
3. Вихідні дані до роботи
Часові ряди річного стоку (за весь період спостережень по 2010 рік) в басейні р. Десна
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. Виначити норму річного стоку та мінливість, виявити вплив на ці характеристики місцевих факторів та широтного положення в басейні р. Десна.. Просторово узагальніти характеристики річного стоку

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

Побудувати карту-схему розташування гідрологічних постів басейна р. Десна, сумісний графік різницевих інтегральних кривих, залежності середньорічних модулів річного стоку від широтного положення , від лісистості в басейні р. Десна. Виконати порівняльний графік значень коефіцієнтів варіацій C_v, розрахованих за методом моментів і методом найбільшої правдоподібності, побудувати залежність коефіцієнтів варіації від широти геометричних центрів водозборів. Узагальнити середньорічні модулі стоку 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___26.03.2018р.

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 в басейні р. Десна та опис фізико-географічна характеристика	26.03-02.04	85	добре
2	Виконати статистичну обробку часових рядів річного соку	02.04-07.04	95	відмінно
3	Визначення та аналіз циклічності у рядах річного стоку в басейні р.Десна	07.04-12.04	90	добре
4	Просторове узагальнення норми річного стоку в басейні р.Десна	12.04-21.04	90	добре
5	Визначення мінливості та узагальнення коефіцієнтів річного стоку в басейні р.Десна	21.04.--20.05	90	відмінно
6	Рубіжна атестація	30.04.-06.05 2018	90	відмінно
7	Оформлення роботи, здача на кафедру, перевірка на плагіат, підготовка презентації, доповіді	21.05-01.06. 2018	90	відмінно
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		90	відмінно

Студент _____ _____
(підпис) (прізвище та ніціали)

Керівник роботи _____ _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Магістерська кваліфікаційна робота студента Осадчого М.М. гр. МГ-61 на тему «Річний стік в басейні р. Десна»

Актуальність теми. Розрахункові характеристики річного стоку, в тому числі і річний стік, розраховуються у відповідності з вимогами нормативного документу СНіП 2.01.14-83., але, як відомо, 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, в першу чергу, річного стоку за даними спостережень по 2010 рік.

Метою досліджень є використання методу визначення норми річного стоку та мінливості, виявити вплив на ці характеристики місцевих факторів та широтного положення в басейні р. Десна.

Об'єкт дослідження. Річний стік в басейні р. Десна.

Методи дослідження. На основі отриманих даних спостережень за річним стоком розглянутій території виконана статистична обробка часових рядів, у тому числі перевірена однорідність існуючих рядів спостережень за річним стоком. Визначена та проаналізована циклічність для розрахунку норми річного стоку. Просторове узагальнення характеристик річного стоку здійснене у вигляді карти ізоліній норми річного стоку та з використанням залежності коефіцієнтів варіації від площ водозборів басейну р. Десна.

Теоретичне та практичне значення. За методикою, викладеною в роботі, можливо визначати норму річного стоку за допомогою побудованої карти ізоліній. Коефіцієнт варіації визначається за регіональною формулою, яка отримана на підставі рівняння, яке описує залежність коефіцієнтів варіації від площ водозборів розглянутій території.

Запропоновану методику можна використовувати для визначення розрахункових характеристик річного стоку за відсутності систематичних вимірювань стоку і відповідно часових рядів в басейні р. Десна.

Вихідні дані. Часові ряди річного стоку за весь період спостережень по 2010 рік на території басейну р. Десна.

***Кількість сторінок* – 66**

***Кількість рисунків* – 12**

***Кількість таблиць* – 4**

Кількість використаної літератури – 13

Ключові слова: *циклічність, норма стоку, мінливість, просторове узагальнення, географічна зональність, ізолінії, стокові характеристики.*

SUMMARY

Master's qualification work student gr. MG-61 M. Osadchyi on " Annual Runoff in the Desna River Basin ".

Actuality of theme. The estimated characteristics of the annual runoff, including annual drainage, are calculated in accordance with the requirements of the normative document SNiP 2.01.14-83. However, as is known, 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, first of all, the annual flow of data from observations for 2010.

The purpose of research is to use of the method of determining the norm of annual runoff and variability, to determine the effect on these characteristics of local factors and latitudinal position in the basin of the Desna River.

Object of study. Annual runoff in the basin of the Desna River.

Research methods. On the basis of obtained observations of the annual drainage of the considered territory, 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. The spatial generalization of the characteristics of the annual runoff is made in the form of a card of contour lines of the norm of the annual runoff and using the dependence of the variation coefficients on the catchment areas of the Desna River basin.

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. The coefficient of variation is determined by the regional formula obtained on the basis of the equation, which describes the dependence of the coefficients of variation on the areas of catchments 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 Desna River.

Output data. Time series of annual runoff for the whole period of observations for 2010 in the basin of the Desna River.

***Number of Pages* - 66**

***Number of figures* - 12**

***Number of tables* – 4**

***Number of references* – 13**

Keywords: *cyclicity, annual runoff, variability, spatial generalization, geographical zoning, statistical analysis, contour lines, stock characteristics*.

ЗМІСТ

Вступ ……		8
1	Стисла фізико-географічна характеристика басейну р. Десна …..	10
1.1.	Рельєф……..	11
1.2	Ґрунтовий покрив ……	12
1.3	Рослинний покрив ……...	13
1.4	Кліматична характеристика ……..	15
1.5	Гідрологічний режим …….	16
1.6	Гідрологічна вивченість …….	17
2	Статистичні методи дослідження стоку ……...	21
2.1	Існуючі статистичні методи розрахунку річного стоку …….	21
2.2	Статистична обробка часових рядів норм річного стоку в басейні р. Десна ……	27
2.3	Визначення однорідності ……...	29
3	Методи розрахунку річного стоку ……. ……..	33
3.1	Циклічність коливань річного стоку та центри дії атмосфери …..	36
3.2	Виділення циклів водності на основі різницевих інтегральних кривих в басейні р. Десна ……. ……	38
4	Просторове узагальнення норм річного стоку в басейні р. Десна .	40
4.1	Вплив місцевих факторів на норму річного стоку ……..	40
4.2	Перевірочні розрахунки ……	43
5	Мінливість річного стоку ……. ……	46
5.1	Визначення мінливості річного стоку в басейні р. Десна ……..	46
5.2	Узагальнення коефіцієнтів варіації часових рядів річного стоку в басейні р. Десна ……...	47
5.3	Перевірочні розрахунки ……	50
Висновки ……		52
Перелік посилань ……		56
Додаток А ……		57
Додаток Б …….....		60

Додаток В …….. 63
Додаток Г …….. 66
Додаток Д …….. 68

ВСТУП

Однією з найважливіших характеристик водних ресурсів річок є норма стоку.

Поняття норми є статистичною характеристикою середнього значення за багаторічний період такої довжини, під час збільшення якої середнє значення не змінюється суттєво.

Норма річного стоку має важливе значення при розрахунках стоку і водогосподарському проектуванні, тому що вона визначає потенційні водні ресурси певного району або басейну.

При аналізі річного стоку звертається увага на питання досліджування циклічності коливань стоку річок, наслідки впливу антропогенних чинників. Дослідження закономірностей коливань річного стоку у часі та по території дозволяють оцінити можливість використання водних ресурсів для водогосподарських потреб, потреб промисловості, будови гідротехнічних споруд.

Суттєвий вплив на формування стоку річок мають кліматичні фактори. Головною причиною коливань величин річного стоку є мінливість з року в рік кліматичних чинників, які пов'язані з особливостями циркуляції атмосфери. Коефіцієнт варіації C_v річного стоку є характеристикою багаторічної мінливості ряду стоку: чим більше значення коефіцієнта варіації, тим більший розмах коливань величин стоку відносно середнього багаторічного значення

Актуальність дослідження - 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, в першу чергу, річного стоку.

Мета роботи –використання методу визначення норми річного стоку та мінливості, для річок басейну р. Десна за відсутності систематичних вимірювань стоку. Виявити вплив на ці характеристики місцевих факторів та широтного положення .

Апробація роботи – участь у V Міжнародної конференції молодих вчених “Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування” ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 29-30 листопада 2017р., конференція молодих вчених ОДЕКУ 10-11 травня 2017р., конференція молодих вчених ОДЕКУ 7-8 травня 2018р.

1 СТИСЛА ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНУ Р. ДЕСНА

Десна - найдовша ліва притока Дніпра. Місцевість у верхів'ї представляє рівне і обширне піднесене плоскогір'я. Впадає в Дніпро біля Києва, долаючи шлях до гирла по території Чернігівської і Київської областей (рис 1.1).

Рисунок 1.1 - Карта географічного положення басейну річки Десна

Заплава заболочена, багато проток, стариць і озер. Русло звивисте, шириною до 450 м. Глибина річки 2-4 м, найбільша - 17 м. Ухил складає 1 м на кілометр русла. Ґрунти піщані і замулені піски. Десна приймає 18 правих (найбільші Судость, Снів) і 13 лівих (основні Сейм, Остер) приток. Гідрологічний режим визначається весняною повінню і низьким літнім урізом. Амплітуда коливань рівнів води досягає 3-4м. У басейні охороняються болотяні масиви, які мають водорегулююче значення.

Річкова система Десни включає понад три десятки річок. У головну річку впадають притоки першого порядку, в них - притоки другого порядку і так далі Десна разом з притоками утворює Деснянську гідрологічну область, що охоплює територію Чернігівської і північно-східну частину Сумської областей [11].

1.1 Рельєф

Серед чинників, що визначають гідрологічний режим річок, найважливішими є фізико-географічні особливості території: геологічна будова, рельєф, клімат тощо. Геологічна будова і рельєф визначають те, якими є площа водозбору, похил, характер ґрунтів, гідрогеологічні умови. Водночас рельєф впливає на кліматичні особливості, рослинний покрив [11].

Придеснянська низовина лежить по обидві сторони Десни. Ріка ділить її на дві різні по рельєфу частини. Правобережжя Десни піднесене. Тут проходить один з нешироких і слабо виражених відрогів Середньоросійської височини. Схили його порізані балками і ярами, в місцях оголення можна бачити виходи крейдяних відкладень. Ці породи при розмивах утворюють опуклі «крейдяні лоби».

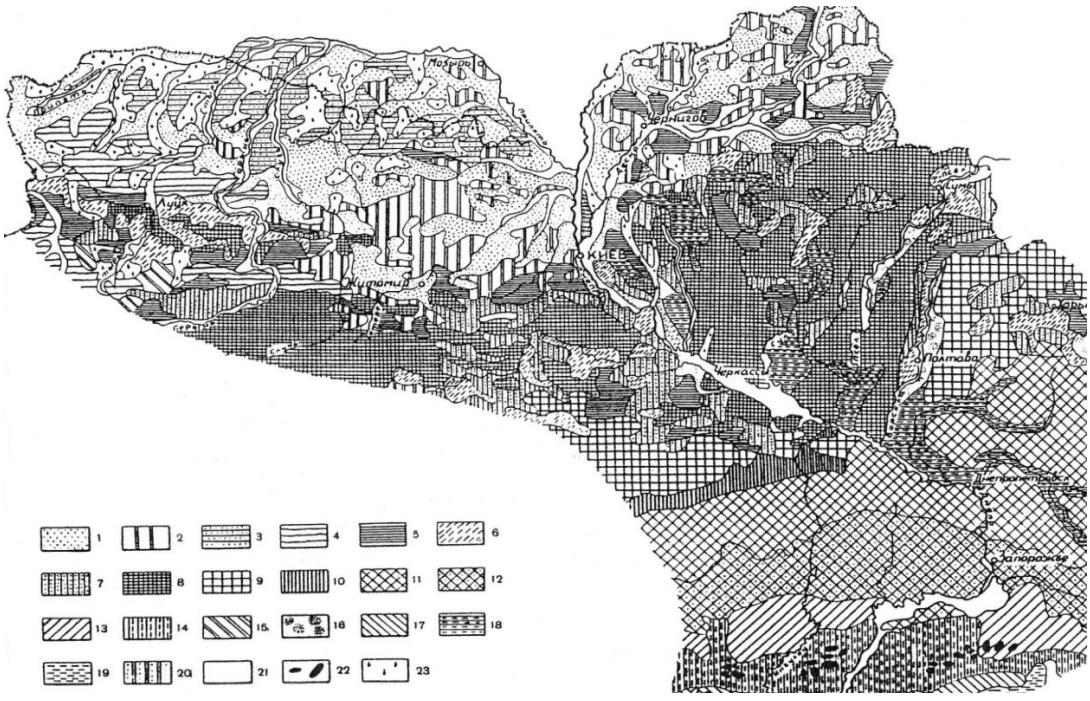
Лівобережжя Десни - полого-хвиляста низовина, утворена річковими терасами. Тераси добре простежуються протягом майже всієї річки.

1.2 Ґрунтовий покрив

Ґрунтовий покрив істотно впливає на елементи гідрологічного режиму. Зокрема, механічний склад ґрунтів визначає їх фільтраційні якості. У свою чергу, це впливає на умови формування поверхневого і підземного стоку. Характер ґрунтів позначається і на умовах формування стоку наносів.

Основними чинниками, що визначають характеристики ґрунтів, є клімат, характер підстильних порід. Великим є вплив і місцевих особливостей. У цілому поширення ґрунтів відповідає природним зонам [11].

На території області різноманітні ґрунти: від чорноземів до розвіяних пісків (рис. 1.2). На півночі і заході Брянщини, в умовах вологішого клімату і глибшого промивання, переважають підзолисті ґрунти. На півдні і сході, де опадів менше, — сірі лісові. Підзолисті ґрунти займають приблизно 65% площі області, а сірі лісові — біля 25%.



1 – дерново-слабопідзолисті; піщані і глинисто-піщані; 2 – супіщані; 5 – світло-сірі і сірі опідзолені; 6 – темно-сірі опідзолені; 18 – чорноземи лугові солонцюваті; 23 – торф’яно-болотні ґрунти

Рисунок 1.2 – Карта-схема ґрунтів басейну р. Десна

Різноманітність ґрунтів пов'язана насамперед з геологічними особливостями області.

Широко поширені в області також сірі лісові ґрунти, що утворилися під впливом листяних лісів і рясного трав'яного покриву. Менш поширені в області заплавні ґрунти (ґрунти заплав річок).

1.3 Рослинний покрив

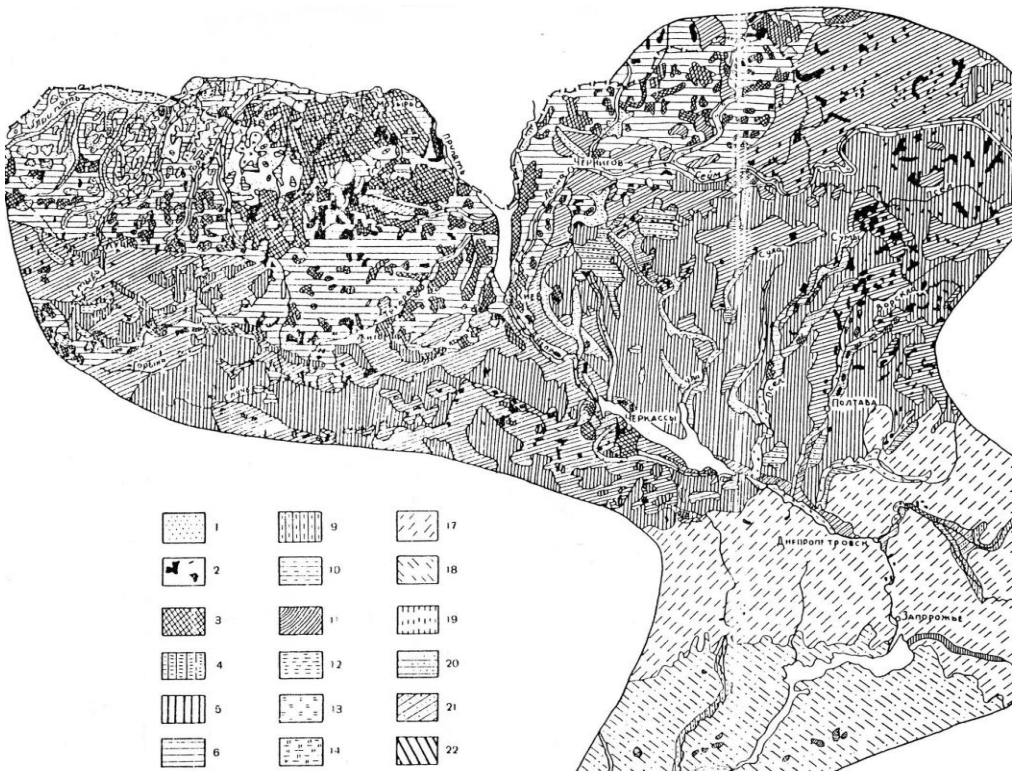
Природна рослинність в Україні займає порівняно невелику площу. Це спричинено значною господарською освоєністю території. Ліси та лісовкриті площі займають 104 тис.км^2, або 17,3%. Площа, зайнята власне лісами, становить 94,3 тис.км^2 (15,6% території), чагарниками – 3,1 тис.км^2, полезахисними лісосмугами – 4,4 тис.км^2 [11].

Рослинний покрив досліджуваної території, так само як і ґрунтовий, підпорядковується відповідним фізико-географічним закономірностям. Характер та стан рослинного покриву відіграє важливу роль у попередженні ерозії ґрунту, збільшенні шорсткості поверхні, уповільненні швидкості стікання води, переведенні частки поверхневого стоку в підземний. Особливу гідрологічну роль відіграють лісові та болотні ландшафти (рис. 1.3) [2].

Територія водозбору Десни, зважаючи на достатньо родючі ґрунти, активно освоєна у сільськогосподарському плані (близько 70% площі басейну в межах України займають орні землі), що призвело до змін у рослинному покриві, зменшення площ суцільних лісів. Нині значні території на місці колишніх широколистих лісів (на правобережжі басейну) та лучних степів (на його лівобережжі) займають сільгоспугіддя.

Більша частина лісів широколистно-лісової зони зосереджена на території Поліської та Середньоруської підпровінцій. При пануванні одного або декількох видів дерев ліси тут представлені такими формаціями: сосновою, дубовою, дубово-сосновою, грабово-дубовою, вільховою,

грабовою, липово-дубово-сосновою, грабово-дубово-сосновою, березовою, ялинковою.



1 – ліси з сосни звичайної; 2 – з дуба череватого; 3 – дубово-соснові ліси; 6 – сільськогосподарські угіддя на місті соснових лісів; 7 – сільськогосподарські угіддя на місті широколистих

Рисунок 1.3 - Карта-схема рослинності басейну р. Десна

У підліску найхарактернішими є чорниця, брусниця, снить, орляк, копитень європейський, папороть, бальзамін.

Лісостепова зона займає південно-східну частину Придніпровської низовини. Ліси тут представлені наступними формаціями: дубовою, дубово-грабовою, сосновою, дубово-сосновою, грабовою та вільховою. На відміну від лісів широколистової зони, серед них переважають сухі та свіжі гігротопи, вони відіграють важливу ґрунтозахисну і протиерозійну роль.

Якщо загалом у басейні Дніпра в межах широколистно-лісової зони ліси займають близько 23 % площі, то на досліджуваній території залісеність окремих річкових водозборів змінюється від 1 % до 96 %. Найбільш

залісеними є території верхньої та середньої частини басейну Десни. В басейнах її притоків - річок Ветьма та Болва залісеність становить 30-61 %, безпосередньо у верхів'ях Десни - 27-40 %, а в басейні р.Соля - 96% поверхні водозбору вкрито лісами.

У басейні Десни лісові масиви представлені переважно дубами та соснами і зосереджені окремими масивами на підвищених елементах рельєфу та других терасах річкових долин. Залісеність змінюється від 4 до 14 % площі водозборів. В басейнах Сули, Псла та Ворскли, спостереження в межах яких були використані, залісеність переважно менша 10 %.

Болотні ландшафти по території розміщені нерівномірно. Переважна частина боліт прив'язана до долин річок, перш за все, до їх заплав. Загальне заболочення заплави Десна досягає близько 60 %, що впливає на тансформацію схилового припливу. Середні ж показники заболоченості в басейні Десна змінюються від 1 до 5 %.

1.4 Кліматична характеристика

Кліматичні умови (термічний режим, кількість опадів, їхній розподіл у часі тощо) відіграють головну роль у гідрологічному режимі річок.

Географічне положення України, особливості атмосферної циркуляції та місцеві умови визначають те, що переважна частина її території характеризується помірно континентальним кліматом [11].

Дана територія розташована поблизу основних шляхів переміщення циклонів і антициклонів над Європейською територією Російської Федерації і північною частиною України. Зміна хвиль теплого і холодного повітря (особливо помітна в травні), що чергується, створює нестійку погоду, викликає грозові дощі влітку, короткочасна відлига взимку.

Приток атлантичних помірних мас обумовлює м'якість зими при значній хмарності, повернення холодів навесні, пізні весняні заморожування.

Континентальні, гарячі і сухі маси повітря приносять посушливу погоду влітку. Дія режиму вітрів, надходження і витрачання сонячного тепла, ступінь і характер хмарності, кількість опадів обумовлюють різноманітність типів погоди на території.

При всій різноманітності типів погоди найбільше число днів взимку доводиться на слабо - і помірно морозну погоду, а літом — на хмарну (різного ступеню), похмуру і дощову. Окремі календарні роки виділяються то лютою зимою, то посушливим літом.

Згідно метеорологічним показникам, клімат на даній території помірно континентальний - з теплим літом і помірно холодною зимою.

Запаси води у сніговому покриві накопичені перед початком сніготанення. Середній запас води в сніговому покриві становить 40 – 69 мм. Остаточний схід сніжного покриву відзначений в середньому по території на початку квітня. Тривалість періоду сніготанення визначається як число днів між датою початку сніготанення та датою сходу стійкого сніжного покрову.

Вітровий режим обумовлюється атмосферною циркуляцією та характером підстильної поверхні. Для досліджуваної території переважаючими є швидкості вітру 2-4 м/с, Середні місячні швидкості вітру у листопаді-березні становлять 2,6-3,2 м/с. Максимальна швидкість, зафіксована вимірювальними приладами (флюгер, анемометр) переважно сягає 6,9-7,8 м/с у лютому, мінімальна 1,1- 1,6 у червні.

1.5 Гідрологічний режим

Гідрологічний режим річок України обумовлюється багатьма факторами, які поділяються на зональні та азональні [2]. До зональних відносяться кліматичні умови (кількість опадів і випаровування), до азональних – геолого-геоморфологічна будова басейну, його гідрографічні умови та гідрогеологічна характеристика, грунтово-рослинний покрив та

господарська діяльність людини. Розподіл стоку великих та середніх річок переважно обумовлений змінами зональних факторів.

Стік річок країни формується за рахунок взаємодії снігових, дощових та підземних вод.

Більша частина річок України відноситься до водотоків з переважно сніговим живленням. Закономірності у змінах джерел живлення визначають типи водного режиму річок в різних районах України [6].

Десна є однією з найбільших річок басейну Середнього Дніпра.

Співвідношення снігового, дощового та підземного живлення змінюється в різні за водністю роки. Стік весняного водопілля у багатоводні роки становить 70-80 % річного стоку, а середні за водністю роки 60-70%, а в маловодні 50-60%.

Початок водопілля на річці відноситься до першої декади березня, закінчується повінь в третій декаді травня. Тривалість водопілля складає майже 3 місяці. Пік повені зазвичай спостерігається в середині квітня.

У період межені спостерігаються невеликі дощові паводки.

Мінливість стоку території призводить до того, що в багатоводні роки водні ресурси Десни з притоками в 1,5-2 рази більше, а в маловодні в 2 рази менше, ніж у середній за водністю рік.

1.6 Гідрологічна вивченість

Спостереження за річним стоком у басейні річки Десна ведуться на 36 гідрологічних постах (рис. 1.4).

По території вони розподілені нерівномірно. З них на головній річці розташовано 5 постів, на річці Сейм також розташовано 5 постів, на річці Свапа – 3 поста, на річці Тускар – 2 поста і по 1 посту на річках Ветьма, Болва, Снежеть, Навля, Сев, Соля, Судость, Коста, Рожок, Ивотка, Головесня та ін. Найбільш тривалий період спостережень відмічений на р. Десна – м.

Чернігів (112 років) та р. Сейм – с. Мутин (83 років). Найбільша площа водозбору складає 81400 км² на р. Десна – м. Чернігів, найменша 29,5 км² - на р. Головесня – с. Покошичи.

Ухили річок змінюються в межах від 0,2‰ до 4,5‰. Залісіння водозборів змінюється від 1% до 96% (табл. 1.1).

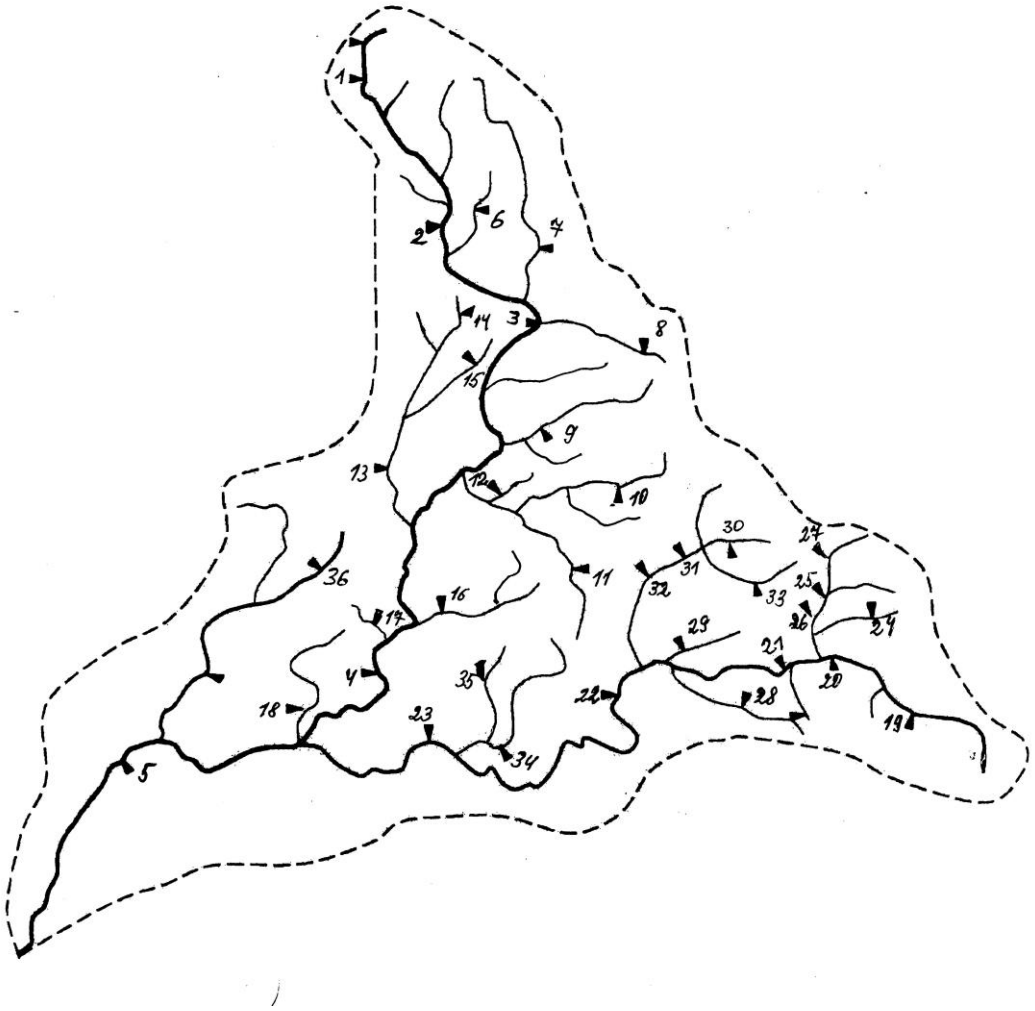


Рисунок 1.4 – Карта-схема розташування гідрологічних постів в басейні р. Десна

Таблиця 1.1 - Основні гідрографічні характеристики басейну р.Десна

№ поста	Річка-пост	F, км²	N, лет	L, км	$I_{ср}$, ‰	$H_{ср}$, м	$f_л$, %	$f_б$, %
1	р.Десна - с.Олександрівка	1710	36	103	0,4	220	16	2
2	р.Десна - с.Голубея	4770	37	238	0,2	210	27	2
3	р.Десна - м.Брянськ	13700	77	352	0,2	190	40	1
4	р.Десна - с.Розльоти	36300	62	669	0,1	190	30	2
5	р.Десна – м. Чернігів	81400	112					
6	р.Ветьма - с.Круча	1370	29	91	0,5	200	61	3
7	р.Болва - с.Псурь	3210	38	136	0,4	200	44	1
8	р.Снежеть - м.Карачев	282	28	21	1,2	220	5	5
9	р.Навля - смт.Навля	1560	27	71	1	210	15	4
10	р.Неруса - с.Радогощ	1020	15	45	1,1	220	23	1
11	р.Сев - с.Новеямське	1150	23	45	0,8	200	13	4
12	р.Соля - с.Мальцеве	39,4	33	8,3	2,6	180	96	4
13	р.Судость - смт.Погар	5180	31	148	0,4	180	16	7
14	р.Коста - с.Глазове	150	26	11	2,9	190	1	5
15	р.Рожок - с.Червоне	60	20	2	1,5	200	8	1
16	р.Івотка - с.Івот	1260	60	67	0,8	190	30	7
17	р.Головесня - с.Покошичі	29,5	76	9,4	4,5	180	13	1
18	р.Убідь – с.Кудрівка	970	54	75	0,6	160	22	4
19	р.Сейм – с.Зуївка	2320	49	86	0,9	220	3	3
20	р.Сейм – с.Лебяж’є	4870	39	159	0,5	220	4	5
21	р.Сейм –с.Ришкове	7460	46	176	0,5	220	5	3
22	р.Сейм – м.Рильськ	18100	47	395	0,3	210	5	3
23	р.Сейм – с.Мутин	25600	83	643	0,2	210	5	3
24	р.Рать – с.Беседіно	630	36	48	0,9	220	6	0

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
25	р.Тускарь – с.Свобода	1690	26	56	0,9	230	4	<1
26	р.Тускарь – м.Курськ	2380	57	98	0,6	230	5	<1
27	р.Снова – с.Щурове	781	37	52	0,2	230	2	<1
28	р.Реут – с.Любицька	960	43	64	1,4	210	6	<1
29	р.Прут – с.Ширкове	530	37	43	1,2	200	14	3
30	р.Свапа – с.Локтіонове	419	30	36	1,4	220	6	<1
31	р.Свапа – с.Міхайлівка	2800	24	72	0,8	210	9	1
32	р.Свапа – с.Старе Місто	3690	51	120	0,6	210	11	1
33	р.Усожа – м.Фатеж	364	37	24	1,5	220	4	<1
34	р.Клевень – с.Шарпівка	2440	65	134	0,6	180	7	2
35	р.Єсмань – с.Ротівка	628	49	63	1,0	180	15	3
36	р.Ревна – Залізний міст	380	18	34	1,0	170	14	3

СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ СТОКУ

2.1 Існуючі статистичні методи розрахунку річного стоку

Статистичні методи широко використовуються в гідрології, особливо під час розрахунків різних характеристик річкового стоку (річного, максимального, мінімального, внутрішньорічного розподілу та ін.

Відповідно рекомендаціям СНіП 2.01.14.83, статистичну обробку рядів середньорічних модулів мінімального стоку виконують з використанням методів моментів та найбільшої правдоподібності [5].

Метод моментів

В основі метода моментів лежить визначення статистичних параметрів кривих розподілу через статистичні моменти.

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

Початковим моментом s-го порядку α дискретної випадкової величини X є сума [1]

$$\alpha_s = \sum_{i=1}^{n} x_i^s p_i \,. \qquad (2.1)$$

Для безперервної випадкової величини сума (2.1) виражається через інтеграл, а

$$\alpha_s = \int_{-\infty}^{\infty} x^s f(x)dx. \qquad (2.2)$$

Якщо прийняти $s=1$, то (2.1) набуде вигляду

$$\alpha_1 = m_x = \sum_{i=1}^{n} x_i p_i \,. \tag{2.3}$$

Центральним моментом дискретних випадкових величин називається математичне очікування

$$\beta_s = \frac{\sum_{i}^{n} (x_i - m_x)^s p_i}{n}. \tag{2.4}$$

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

$$\beta_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^s \,. \tag{2.5}$$

При $s = 1$

$$\beta_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} x_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \bar{x} = 0, \tag{2.6}$$

тобто перший центральний момент дорівнює нулю.

При $s = 2$

$$\beta_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2 \,. \tag{2.7}$$

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

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

$$\sigma_x = \sqrt{D_x} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}{n}}. \qquad (2.8)$$

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 (2.8) вводиться поправка, з урахуванням якої отримують більш загальний вираз для σ_x

$$\sigma_x = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 /(n-1)}. \qquad (2.9)$$

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

$$C_v = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(K_i - 1)^2 /(n-1)}. \qquad (2.10)$$

При $s = 3$

$$\beta_3 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^3. \qquad (2.11)$$

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 β_3=0, то крива стає симетричною.

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

$$C_s = \beta_3 / \sigma_x^3 = \left[\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^3 \right] / (n\sigma_x^3). \qquad (2.12)$$

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

$$C_s = \frac{\left[\sum_{i=1}^{n} (K_i - 1)^3 \right]}{nC_v^3}. \qquad (2.13)$$

Як і C_v, параметр C_s є зміщеною оцінкою. У простому випадку від′ємна зміщеність може бути усунена шляхом введення в (2.13) поправки, запропонованої Є.Г. Блохіновим: $\delta_s = n^2 / [(n-1)(n-2)]$. З урахуванням цього

$$C_s = \left[n \sum_{i=1}^{n} (K_i - 1)^3 / \left[(n-1)(n-2)C_v^3 \right] \right]. \qquad (2.14)$$

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.

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 [1]. Тому в цілях спрощення розрахункової схеми Є.Г. Блохінов запропонував спочатку обчислювати статистики:

$$\lambda_1 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i ; \tag{2.15}$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} lg\, K_i ; \tag{2.16}$$

$$\lambda_3 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} K_i\, lg\, K_i . \tag{2.17}$$

Як видно із рівняння (2.15), 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 трьохпараметричного 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.

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 [4]. І той, й інший передбачають наявність трьох статистичних параметрів: середнього значення вибірки, коефіцієнтів варіації і асиметрії. Моменти вищих порядків із-за великих помилок їх обчислення при коротких рядах зазвичай не використовуються.

Оскільки матеріали вимірювання стоку завжди обмежені, а, згідно граничних теорем розподілу, для отримання параметрів потрібні нескінченно довгі сукупності, то в практичних розрахунках обчислюються не самі параметри, а їх наближені значення – оцінки. Очевидно, чим більша довжина вибірок, тим вище ступінь наближення оцінок розподілу до їх шуканих параметрів. З цієї причини вибірковий аналіз обов'язково припускає не тільки обчислення оцінок, але й встановлення точності, з якою вони визначені по наявних рядах. Мірою точності є середня квадратична погрішність. При відсутності внутрішньо рядних зв'язків відносна середня квадратична похибка обчислення n- річних середніх стокових рядів (в %) може бути визначена за формулою:

$$\sigma_x = \frac{100 C_v}{\sqrt{n}}. \qquad (2.18)$$

З формули (2.18) 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 [4].

Для статистичних сукупностей з наявністю внутрішньорядних зв'язків:

$$\sigma_x = \frac{100 C_v \sqrt{(1+r)(1-r)}}{\sqrt{n}}, \qquad (2.19)$$

де r - коефіцієнт кореляції між суміжними членами ряду.

Похибки, обчислені по (2.18), при тих же значеннях C_v і n будуть більшими, ніж по (2.19), 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 вибіркових коефіцієнтів варіації C_v (в %) обчислених методом моментів, знаходяться за формулою:

$$\sigma_{C_v} = \sqrt{(1+C_v^2)/(2n)} \cdot 100. \qquad (2.20)$$

Якщо коефіцієнти варіації встановлюються за допомогою метода найбільшої правдоподібності, то

$$\sigma_{C_v} = \sqrt{3/[2n(3+C_v^2)]} \cdot 100. \qquad (2.21)$$

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).

2.2 Статистична обробка часових рядів норм річного стоку в басейні р. Десна

Статистична обробка часових рядів середньорічних модулів річного стоку виконана за методами моментів та найбільшої правдоподібності по 36 гідрологічних постах, з періодом дослідження по 2010 рік. Результати

розрахунку наведені в дод. А (табл. А.1). Як видно з таблиці значення середньорічних модулів стоку змінюється від 6,1 л/с·км^2 до 2,8 л/с·км^2. Коефіцієнти варіації змінюються від 0,48 до 0,2, це свідчить про те, що в цілому для річного стоку в басейні р. Десна характерна висока ступень мінливості у рядах середньорічних модулів стоку. Вони мають майже однакові значення як у методі моментів так і у методі найбільшої правдоподібності. Метод найбільшої правдоподібності можна застосовувати для визначення параметрів, коли використовується крива трьох параметричного гамма-розподілу $C_v > 0{,}5$. При $C_v < 0{,}5$ методи найбільшої правдоподібності та моментів практично мають однакові результати [4]. Тобто можна використовувати обидва методи. У методі моментів коефіцієнт асиметрії C_s змінюється в дуже широких межах від – 0,3 до 1,97. У методі найбільшої правдоподібності середнє значення C_s / C_v знаходиться на рівні 2,7.

Мірою точності є середня квадратична похибка [4]. Для обчислення n-річних середніх стокових рядів $\sigma_{q_{cp}}$ може бути обчислена за формулою:

$$\sigma_{q_{cp}} = \pm \frac{100 C_v}{\sqrt{n}} \ , \qquad (2.17)$$

в середньому по басейну р. Десна $\sigma_{q_{cp}} = 4{,}9\%$.

Точність коефіцієнтів варіації визначалася за формулою вигляду:

$$\sigma_{C_v} = \sqrt{(1 + C_v{}^2)/(2n} \cdot 100. \qquad (2.18)$$

Дорівнює середнє значення $\sigma_{C_v} = 11{,}8\%$.

Точність визначення параметрів статистичного розподілу наведено в табл. А.2.

2.3 Визначення однорідності

Однією з особливостей гідрологічних розрахунків є те, що стокові ряди можуть бути неоднорідними, як у часі , так і у просторі. Тому у першу чергу слід перевірити часові ряди річного стоку на однорідність. Неврахування цих обставин може привести до невірних висновків [3].

Перевірка часових рядів річного стоку в басейні р.Десна на однорідність виконувалась за критеріями Фішера, Стьюдента та Вілкоксона на 5% рівні значущості [7]. Результати наведені у таблиці 2.1. Аналіз однорідності показав, що 4 гідрологічних поста виявились неоднорідними (за критеріями Стьюдента та Вілкоксона). Це стосується слідуючих рядів спостережень за річним стоком: р. Десна – с. Разльоти (n = 62 р.), р. Снежеть – м. Карачев (n = 33 р.), р. Соля – с. Мальцеве (n = 33 р.), р. Івотка – с. Івот (n = 60 р.).

Для визначення причини порушення неоднорідності по цих постах були побудовані графіки тренду (додаток Б). Як приклад наведений графік тренду р. Івотка – с. Івот (рис. 2.1).

Аналіз графіків тренду показав, що по всіх постах виявлений тренд з тенденцією збільшення з зростанням років, коефіцієнт кореляції цих графіків є значимий. На досліджуваних постах одна група років є маловодною, а друга є многоводною, чим і пояснюється неоднорідність у наявних рядах спостережень за річним стоком. Причому зростання водності починається, в середньому, з 70-х років минулого століття і продовжує зростати по 2010 рік включно.

Наявність значущих трендів у рядах річного стоку необхідно приймати до уваги при визначенні норми річного стоку.

Але для з’ясування неоднорідності необхідно звернути увагу на господарську діяльність на всіх річках басейну р. Десна.

Таблиця 2.1 – Перевірка часових рядів річного стоку в басейні р.Десна на однорідність за критеріями Фішера, Стьюдента і Вілкоксона

№ поста	Річка – пост	n, років	ень чущості	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
1	р.Десна - с.Олександрівка	41	5%	1,78	1,76	Неодн.	2,0	2,1	Одн.	Одн.	Одн.
2	р.Десна - с.Голубея	42	5%	1,16	2,73	Одн.	1,5	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
3	р.Десна - м.Брянськ	82	5%	1,05	1,96	Одн.	0,1	1,9	Одн.	Одн.	Одн.
4	р.Десна - с.Розльоти	62	5%	1,04	2,1	Одн.	3,2	2,1	Неодн.	Неодн.	Неодн.
5	р.Десна – м. Чернігів	112	5%	1,78	1,76	Неодн.	0,1	1,9	Одн.	Одн.	Одн.
6	р.Ветьма - с.Круча	34	5%	1,24	3,2	Одн.	0,7	2,1	Одн.	Одн.	Одн.
7	р.Болва - с.Псурь	43	5%	1,2	2,6	Одн.	0,2	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
8	р.Снежеть - м.Карачев	33	5%	2,3	3,2	Одн.	2,6	2,1	Неодн.	Неодн.	Неодн.
9	р.Навля - смт.Навля	32	5%	2,9	3,3	Одн.	2,1	2,06	Неодн.	Одн.	Одн.
10	р.Нерусса - с.Радогощ	20	5%	4,2	4,0	Неодн.	0,5	2,1	Одн.	Одн.	Одн.
11	р.Сев - с.Новеямське	28	5%	1,7	3,5	Одн.	0,9	2,1	Одн.	Одн.	Одн.
12	р.Соля - с.Мальцеве	33	5%	1,4	3,2	Одн.	2,3	2,1	Неодн.	Неодн.	Неодн.
13	р.Судость - смт.Погар	36	5%	1,2	3,1	Одн.	0,7	2,1	Одн.	Одн.	Одн.
14	р.Коста - с.Глазове	31	5%	1,0	3,3	Одн.	0,6	2,1	Одн.	Одн.	Одн.
15	р.Рожок - с.Червоне	25	5%	3,4	3,7	Одн.	0,6	2,1	Одн.	Одн.	Одн.
16	р.Івотка - с.Івот	60	5%	1,1	2,2	Одн.	3,3	2,0	Неодн.	Неодн.	Неодн.

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
17	р.Головесня - с.Покошичі	76	5%	2,6	2,0	Неодн.	1,4	1,9	Одн.	Одн.	Одн.
18	р.Убідь – с.Кудрівка	54	5%	2,3	2,2	Неодн.	0,4	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
19	р.Сейм – с.Зуївка	49	5%	1,2	2,3	Одн.	0,8	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
20	р.Сейм – с.Лебяж’є	39	5%	1,3	2,9	Одн.	0,9	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
21	р.Сейм –с.Ришкове	46	5%	1,4	2,5	Одн.	0,9	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
22	р.Сейм – м.Рильськ	47	5%	1,1	2,4	Одн.	0,2	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
23	р.Сейм – с.Мутін	83	5%	1,1	1,9	Одн.	0,8	1,9	Одн.	Одн.	Одн.
24	р.Рать – с.Бесединo	36	5%	2,5	3,0	Одн.	0,2	2,1	Одн.	Одн.	Одн.
25	р.Тускарь – с.Свобода	26	5%	1,2	3,7	Одн.	0,7	2,1	Одн.	Одн.	Одн.
26	р.Тускарь – м.Курськ	57	5%	1,03	2,2	Одн.	0,6	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
27	р.Снова – с.Щурове	37	5%	2,0	2,8	Одн.	0,6	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
28	р.Реут – с.Любицька	43	5%	1,4	2,6	Одн.	0,2	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
29	р.Прут – с.Ширкове	37	5%	2,2	2,9	Одн.	1,1	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
30	р.Свапа – с.Локтіонове	30	5%	1,9	3,4	Одн.	0,1	2,1	Одн.	Одн.	Одн.
31	р.Свапа – с.Міхайлівка	24	5%	2,1	3,8	Одн.	0,9	2,1	Одн.	Одн.	Одн.
32	р.Свапа – с.Старе Місто	51	5%	1,1	2,3	Одн.	0,4	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
33	р.Усожа – м.Фатеж	37	5%	2,0	2,9	Одн.	0,2	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
34	р.Клевень – с.Шарпівка	65	5%	4,9	2,1	Неодн.	0,4	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
35	р.Єсмань – с.Ротівка	49	5%	1,6	2,3	Одн.	0,2	2,0	Одн.	Одн.	Одн.

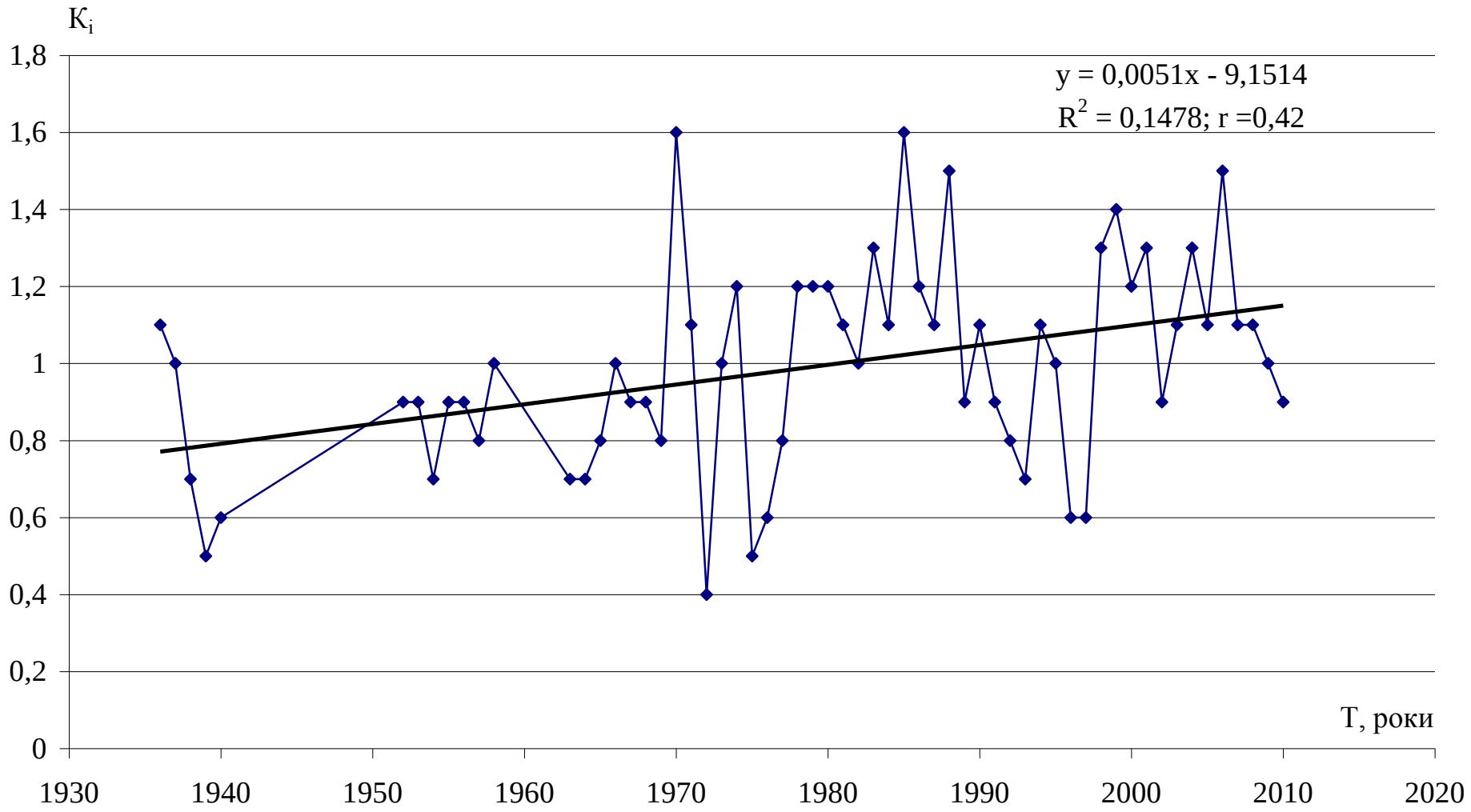


Рисунок 2.1 - Визначення тренду р. Івотка - с. Івот

3 МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ РІЧНОГО СТОКУ

До розрахунків річкового стоку відносяться розрахунки норми стоку.

При встановленні норми річного стоку слід врахувати, що часові ряди мають деяку закономірність у вигляді угрупування багатоводних або маловодних років різної тривалості [3]. Визначити маловодні та багатоводні періоди досить складно через різкі коливання. Для визначення меж коливання водності використовують згладжування часових рядів річного стоку методом ковзного осереднення.

Оскільки найкраще згладжування виходить для середніх точок, то кількість точок для згладжування вибирають непарними, а групи точок – змінними за всією таблицею. Найбільш оптимальним є метод згладжування за трьома точками. Беруть перші три точки, наприклад, витрати води Q_1, Q_2, Q_3 і згладжують точку Q_2 , потім беруть подальшу групу точок Q_2 , Q_3 , Q_4 і згладжують точку Q_3 і т.д. до кінця таблиці даних. Для таблиць з постійним кроком згладжування найпростішим є багаточлен першого ступені

$$\overline{Q_i} = \frac{1}{T} \sum_{k=-\frac{T-1}{2}}^{k=\frac{T-1}{2}} Q_{i+k} \ , \qquad (3.1)$$

де $\overline{Q}$ - згладжуване значення i –го ряду (i=1,2,3,…, n);

T - інтервал згладжування.

Оператор згладжування (3.1) не розповсюджується на крайні значення ряду. Тому під час згладжування за трьома точками

$$\overline{Q_i} = \frac{1}{6}(5Q_1 + 2Q_2 - Q_3); \qquad (3.2)$$

$$\overline{Q_i} = \frac{1}{6}\left(-Q_{n-2} + 2Q_{n-1} + 5Q_n\right). \qquad (3.3)$$

Також виділення циклів водності можна виконувати на основі різницевих інтегральних кривих. Ординати різницевих інтегральних кривих являють собою послідовне накопичення відхилень величин стоку від середнього значення. Порівняння кривих виконують у вигляді модульних коефіцієнтів стоку. Для норми стоку ($k_i = \frac{q_i}{\overline{q}}$). Середнє багаторічне значення модульного коефіцієнта завжди дорівнює одиниці [1], поточні ординати різницевої інтегральної кривої на кінець *t*-го року від початку побудування кривої визначають за рівнянням

$$\sum_{i=1}^{t}\left(k_i - 1\right) = f\left(t\right), \qquad (3.4)$$

де k_i - модульний коефіцієнт.

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

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

$$tg\,\alpha = (k_i - 1)_{cp} = \frac{l_k - l_n}{m}, \qquad (3.5)$$

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

m – число років у періоді часу.

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

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

Відповідно до вимог нормативного документа СНіП 2.01.83 [5] тривалість періоду спостережень вважається достатньою, якщо він репрезентативний, а відносна середня квадратична похибка не має бути понад ±10%. Розрахунковий репрезентативний період установлюється на основі різницевих інтегральних кривих або згладжених кривих річного стоку.

Ці методи використовують при обчисленні норми річного стоку при тривалих рядах спостережень.

При недостатності спостережень застосовують метод гідрологічної аналогії.

Короткими вважаються ряди, які не задовольняють принципу репрезентативності та точності.

Відповідно СНіП 2.01.14-83 [5] приведення статистичних параметрів до багаторічного періоду здійснюється за допомогою парної або множинної регресії за таких умов: $n' \geq 10$, $r \geq 0{,}7$ та $\frac{k}{\sigma_k} \geq 2$, де n' - число років спільних спостережень; r - коефіцієнт кореляції між величинами гідрологічних характеристик досліджуваної ріки та річки - аналога; k - коефіцієнт регресії; σ_k – середня квадратична похибка коефіцієнта регресії. Ідея цього методу приведення параметрів розподілу основана на синхронності коливань річного стоку на близьких водозборах. Це зумовлює однорідність ландшафтних умов формування стоку.

Приведення статистичних параметрів розподілу до багаторічного періоду рекомендується здійснювати такими методами: графічним та графо-аналітичним, лінійної парної регресії.

При виборі аналога необхідно враховувати спільність кліматичних умов, близькість значень головних факторів підстильної поверхні.

В основу графічного методу покладена залежність значень річного стоку розрахункової річки та річки-аналога за період спільних спостережень (не менше, ніж 10 років).

Розв'язання поставленої задачі починається з визначення коефіцієнта кореляції r, який є критерієм під час вибору аналога і повинен бути не менше, ніж 0,7.

Для приведення коротких рядів стоку до довгого періоду графо-аналітичним методом Г.О. Алексєєва достатньо зняти з емпіричної кривої забезпеченості річного стоку три характерні точки (x_5, x_{50}, x_{95}) заданої забезпеченості, які є основою для визначення трьох статистичних параметрів стоку – середнього арифметичного, коефіцієнта варіації, коефіцієнта асиметрії.

Зв'язок між стоком досліджуваної річки та річки-аналога описується рівнянням лінійної парної регресії, яке має вигляд:

$$\tilde{y}(x_i) = ax_i + b, \tag{3.6}$$

де y - стік річки з недостатнім періодом спостережень n;

x - стік річки-аналога з довгим періодом спостережень $N >> n$.

3.1 Циклічність коливань річного стоку та центри дії атмосфери

Встановлено, що коливання річного стоку характеризуються циклічністю. Циклічність являє собою послідовну зміну низьких років підвищеної та зниженої водності. До років підвищеної водності відносяться ті, у які стік перевищував середню багаторічну величину річного стоку.

Роками зниженої водності є роки, у які річний стік був менше середньої багаторічної величини [1].

У багаторічному періоді річний стік характеризується чергуванням років різної тривалості. Поняття циклічності коливань річного стоку зв'язується з поняттям синхронності.

Синхронними називають коливання стоку річок, на яких спостерігається однаковий хід водності протягом всього інтервалу часу [1].

Аналіз матеріалів спостережень за річним стоком свідчить про те, що фази коливання водності можуть становити до 10 років і більше.

Атмосферна циркуляція може значно впливати на коливання водності річок. Переважаючі атмосферні процеси, які визначають клімат над Європою та значною частиною Азіатського материка, формуються над Північною Атлантикою й прилеглими територіями. У Північній та Південній півкулях в полях тиску виділяються області високого й низького тиску, які називаються центрами дії атмосфери [8]. Центри дії атмосфери характеризують райони, де переважає циклонічна або антициклонічна діяльність. У районі Ісландії повторюваність циклонів найбільша й при осередненні полів тиску тут формується глибока депресія. Що дістала назву Ісландської. Підвищена повторюваність антициклонів в Північній півкулі відповідає Азорському максимуму. Термобаричні взаємодії в системі «океан-атмосфера» між центрами дії атмосфери одержали назву атмосферних осциляцій. Північне-Атлантичне коливання (ПАК) відносяться до аномалій тиску, які періодично змінюються в районі Північної Атлантики. Різниця тиску, яка виникає між центрами дії атмосфери (Ісландським мінімумом та Азорським максимумом), визначає меридіональний градієнт тиску [9]. Північне-Атлантичне коливання розглядається як частина масштабнішого Арктичного коливання [10]. Арктичним коливанням (Арктичною осциляцією) є періодичне посилення та послаблення арктичного максимуму атмосферного тиску. Послаблення Арктичного максимуму пов'язане з посиленням циклонічної діяльності над

Арктичним басейном, підвищенням температури повітря, збільшенням опадів.

Можна зробити висновок, що зміна стану центрів дії атмосфери в залежності від їх положення й активності здатна впливати на кліматичні чинники формування стоку [1].

3.2 Виділення циклів водності на основі різницевих інтегральних кривих в басейні р. Десна

Фази коливання величин річного стоку досить просто, але об'єктивно визначити за допомогою різницевих інтегральних кривих $\sum(k_i - 1) = f(T)$. Для виділення фаз і циклів водності для розглянутої території використані різницеві інтегральні криві річного стоку.

Ефективним методом виявлення проявів синхронності коливань річного стоку є побудова сумісних графіків різницевих інтегральних кривих стоку. Тому для встановлення характеру циклічних коливань усі криві $\sum(k_i - 1) = f(T)$ представлені сумісно по декілька гідрологічних постів досліджуваної території (додаток В) і як приклад, на рис. 3.1.

Середні багаторічні величини річного стоку визначаються з урахуванням циклічних коливань. Як видно з різницевих інтегральних кривих, коливання річного стоку в басейні р. Десна є синхронними. Деякі криві мали невеликі розриви, але на норму річного стоку це суттєво не впливає. Майже всі криві утворюють замкнуті цикли коливань водності і в цілому визначається їх схожість.

Це дає можливість для подальшого розрахунку норми річного стоку.

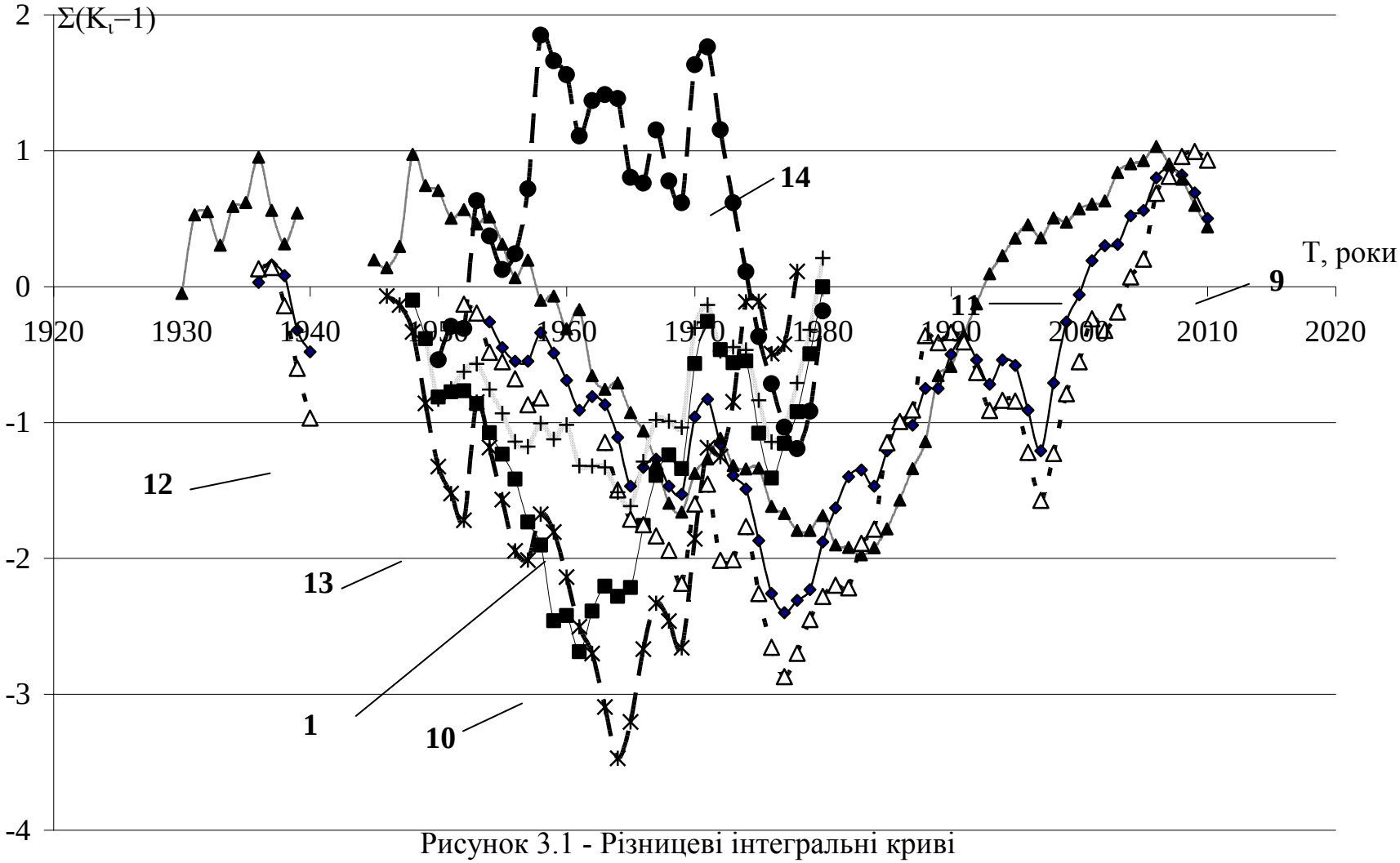


Рисунок 3.1 - Різницеві інтегральні криві

9 - р.Десна - с.Разльоти; 10 - р.Снежеть - м.Карачев; 11 - р.Головесня - с.Покошичі; 12 - р.Івотка - с.Івот; 13 - р.Соля - с.Мальцеве; 14 - р.Коста - с.Глазов; 15 - р.Навля - с.Навля

4 ПРОСТОРОВЕ УЗАГАЛЬНЕННЯ НОРМ РІЧНОГО СТОКУ В БАСЕЙНІ Р. ДЕСНА

Просторове узагальнення величин річного стоку здійснюється шляхом побудови відповідних карт ізоліній. Картування норм річного стоку обумовлено географічними координатами річкових водозборів.

4.1 Вплив місцевих факторів на норму річного стоку

З метою встановлення просторових закономірностей зміни норми річного стоку по території була побудована залежність $\bar{q}$ л/(с·км^2) від широтного положення (4.1).

Залежність норми річного стоку від широтного положення представлено рівнянням

$$y = 0{,}9903x - 47{,}469: \quad r = 0.61. \tag{4.1}$$

Як видно з рівняння, яке описує цю залежність, коефіцієнт кореляції дорівнює r = 0.61 і відноситься до значущих.

Також з метою визначення впливу на норму стоку місцевих факторів, а саме впливу лісу, була побудована залежність норми стоку від лісистості (4.2). Вихідні дані представлені у додатку Г. Рівняння залежності на рис. 4.2 має вигляд

$$y = 0{,}0107x + 4{,}1325;\ r = 0{,}25. \tag{4.2}$$

Коефіцієнт кореляції є незначущим, він дорівнює r=0.25 .Тому вплив лісу на норму річного стоку в басейні р. Десна не спостерігається.

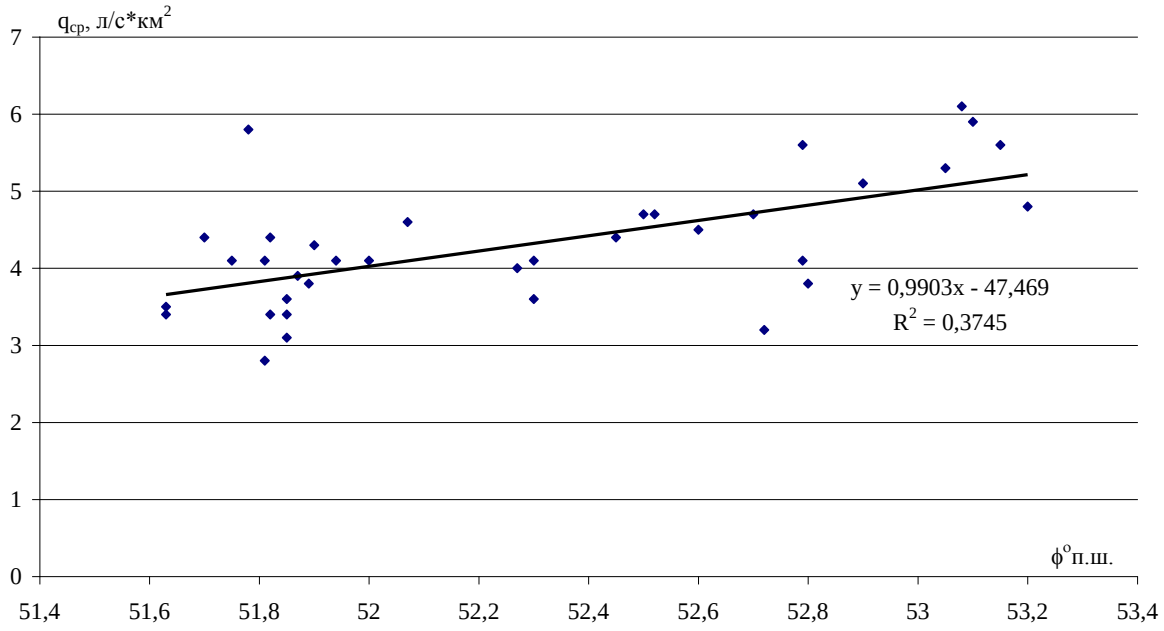


Рисунок 4.1 – Залежність середньорічних модулів річного стоку від широтного положення в басейні р. Десна

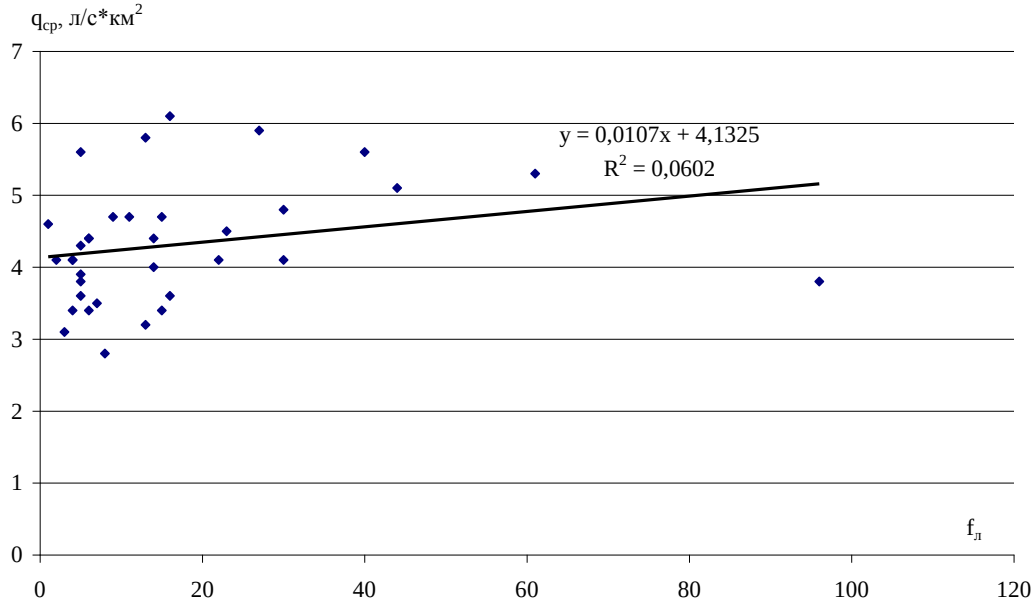


Рисунок 4.2 – Залежність середньорічних модулів річного стоку від лісистості в басейні р. Десна

В свою чергу за таких умов доцільним є саме картування середньорічних модулів річного стоку $\bar{q}$ л/(с·км^2) (рис. 4.3).

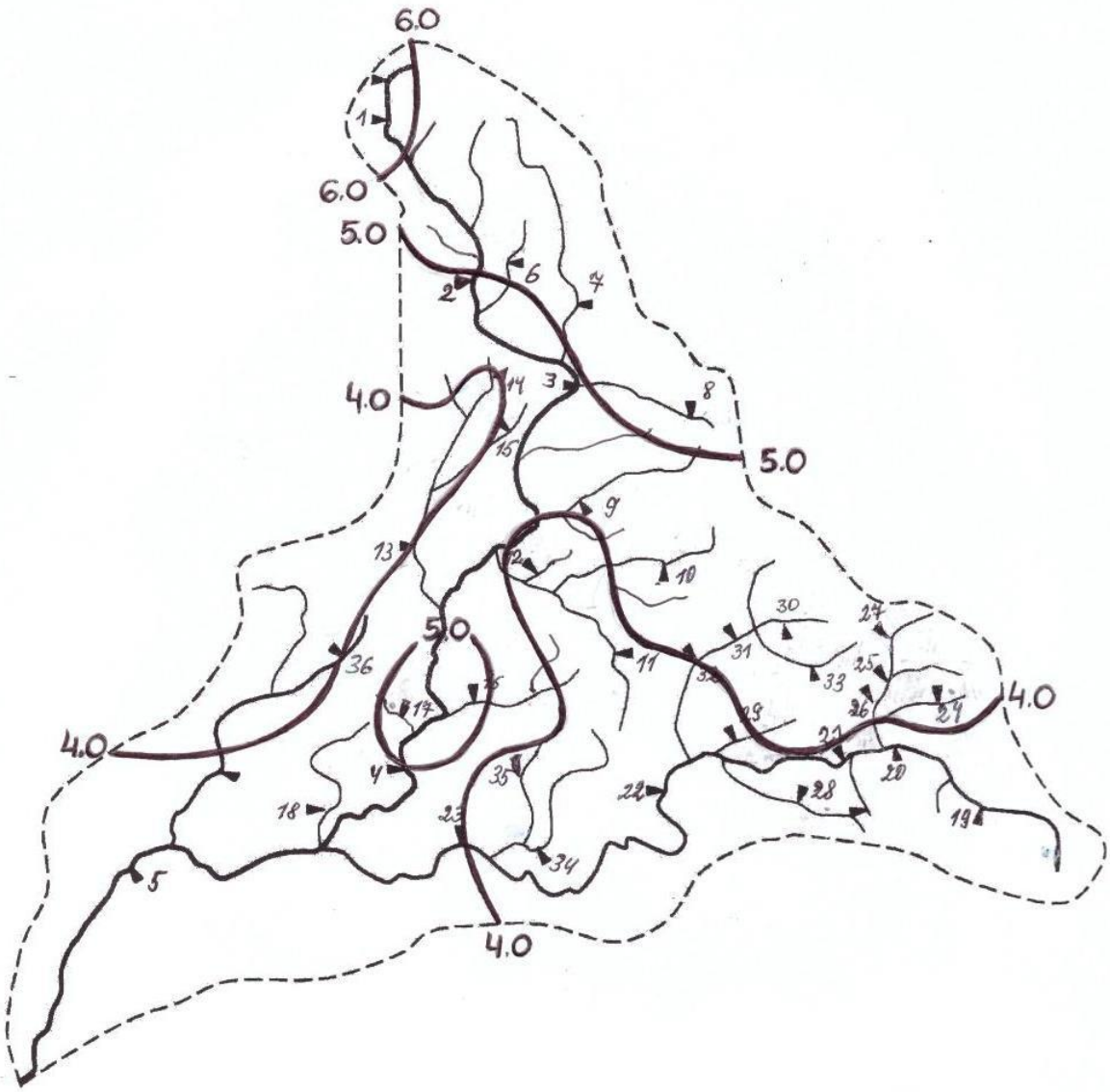


Рисунок 4.3 - Карта ізоліній норми річного стоку в басейні р. Десна

При побудові карти середньорічні модулі річного стоку відносились до геометричних центрів водозборів. Ізолінії проведені через 1,0 л/(с·км^2). Як видно з карти, значення норми річного стоку по території змінюються у широкому діапазоні і в цілому зменшуються в напрямку з півночі на південь від 6,0 до 4,0 л/(с·км^2).

4.2 Перевірочні розрахунки

Для перевірки оцінки точності побудованої карти виконані перевірочні розрахунки.

Точність розрахунку норми стоку за картою визначається як відносне середнє відхилення розрахункових значень від фактичних за формулою:

$$\Delta\bar{q} = \frac{\left|q_p - q_\phi\right|}{q_\phi} 100\%. \qquad (4.3)$$

Результати розрахунку наведені у таблиці 4.1

По таблиці перевірочних розрахунків значення норми річного стоку, знаті з карти ізоліній в середньому дорівнюють $\left|\Delta\bar{q}\right|$ = 7.2, що відповідає вихідної інформації і вимогам СНіП.

Тому побудовану карту можна рекомендувати для визначення норми річного стоку для річок басейна р. Десна, на яких не велись гідрометричні спостереження.

Таблиця 4.1 – Оцінка точності побудування карти норми стоку

№ посту	Річка-пост	F, км^2	$\bar{q}_p$, л/(с·км^2)	$\bar{q}_\phi$, л/(с·км^2)	$\lvert\Delta\bar{q}\rvert$, %
1	2	3	4	5	6
1	р.Десна - с.Олександрівка	1710	6	6,1	1,6
2	р.Десна - с.Голубея	4770	5,7	5,9	3,4
3	р.Десна - м.Брянськ	13700	5,4	5,6	3,6
4	р.Десна - с.Разльоти	36300	4	4,8	16,7
5	р.Десна – м. Чернігів	81400	4,1	4,1	0,0
6	р.Ветьма - с.Круча	1370	5,1	5,3	3,8
7	р.Болва - с.Псурь	3210	5,3	5,1	3,9
8	р.Снежеть - м.Карачев	282	5,2	5,6	7,1
9	р.Навля - смт.Навля	1560	4	4,7	14,9
10	р.Нерусса - с.Радогощ	1020	4,5	4,5	0,0
11	р.Сев - с.Новеямське	1150	3,7	3,2	15,6
12	р.Соля - с.Мальцеве	39,4	3,9	3,8	2,6
13	р.Судость - смт.Погар	5180	3,9	3,6	8,3
14	р.Коста - с.Глазове	150	4,1	4,6	10,9
15	р.Рожок - с.Червоне	60	4,3	2,8	54,0
16	р.Івотка - с.Івот	1260	4,3	4,1	4,9
17	р.Головесня - с.Покошичи	29,5	5	5,8	13,8
18	р.Убідь – с.Кудрівка	970	4,5	4,1	9,8
19	р.Сейм – с.Зуївка	2320	3,2	3,1	3,2
20	р.Сейм – с.Лебяж’є	4870	3,5	3,4	2,9
21	р.Сейм –с.Ришкове	7460	3,6	3,6	0,0
22	р.Сейм – м.Рильськ	18100	4	3,9	2,6

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
23	р.Сейм – с.Мутин	25600	3,6	3,8	5,3
24	р.Рать – с.Бесединo	630	4,1	4,4	6,8
25	р.Тускарь – с.Свобода	1690	4,3	4,1	4,9
26	р.Тускарь – м.Курськ	2380	4,3	4,3	0,0
27	р.Снова – с.Щурове	781	4,4	4,1	7,3
28	р.Реут – с.Любицька	960	3,2	3,4	5,9
29	р.Прут – с.Ширкове	530	4	4,4	9,1
30	р.Свапа – с.Локтіонове	419	4,5	4,4	2,3
31	р.Свапа – с.Міхайлівка	2800	4,5	4,7	4,3
32	р.Свапа – с.Старе Місто	3690	4,5	4,7	4,3
33	р.Усожа – м.Фатеж	364	4,3	4,1	4,9
34	р.Клевень – с.Шарпівка	2440	3,7	3,5	5,7
35	р.Єсмань – с.Ротівка	628	3,9	3,4	14,7
36	р.Ревна – Залізний міст	380	4	4	0,0
Середнє значення					7,2

5 МІНЛИВІСТЬ РІЧНОГО СТОКУ

Мінливість річного стоку як і норма стоку, відноситься до кількісних характеристик, які мають безпосереднє практичне використання. Мінливість є причиною коливань величин річного стоку. Коефіцієнт варіації C_v річного стоку є характеристикою багаторічної мінливості ряду стоку: чим більше значення коефіцієнта варіації, тим більший розмах коливань величин стоку відносно середнього багаторічного значення.

На коефіцієнт варіації впливають водоймища з багаторічним регулюванням стоку. Великі водоймища, що перерозподіляють стік між багатоводними та маловодними ріками, що сприяє зменшенню коефіцієнтів варіації зі зростанням регулювання. Також на коефіцієнт варіації впливає зрошення, тому що зрошувальні норми визначаються водністю року (в маловодні роки вони більші, а в багатоводні – менші).

5.1 Визначення мінливості річного стоку в басейні р. Десна

Коефіцієнти варіації були обчислені з використанням методів моментів і найбільшої правдоподібності. Змінюються вони у досить широких межах:

- у методі моментів – від 0,2 до 0,48.
- у методі найбільшої правдоподібності – від 0,2 до 0,48.
- середня квадратична похибка знаходиться на рівні $\sigma_{C_V\,\%} = 11{,}8$

Порівняння коефіцієнтів варіації, встановлених за методами моментів і найбільшої правдоподібності, приведені на рис. 5.1 Майже в усьому діапазоні має місце задовільна збіжність C_v. Коефіцієнти регресії $k = 0{,}99$, а коефіцієнт кореляції $r = 1{,}0$.

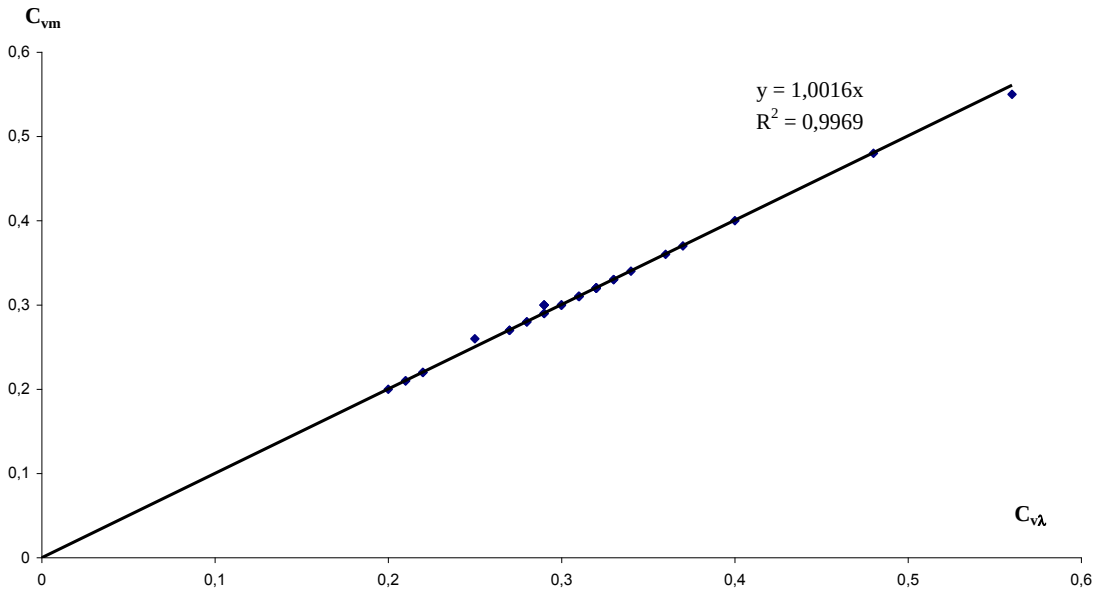


Рисунок 5.1 – Порівняння значень коефіцієнтів варіацій C_v, розрахованих за методом моментів і методом найбільшої правдоподібності

У магістерській роботі були використані C_v, обчислені за методом найбільшої правдоподібності.

5.2 Узагальнення коефіцієнтів варіації часових рядів річного стоку в басейні р. Десна

Для узагальнення коефіцієнтів варіації часових рядів річного стоку в басейні р. Десна були побудовані залежності коефіцієнтів варіації від широти геометричних центрів водозборів та від площ водозборів (рис. 5.2, 5.3).

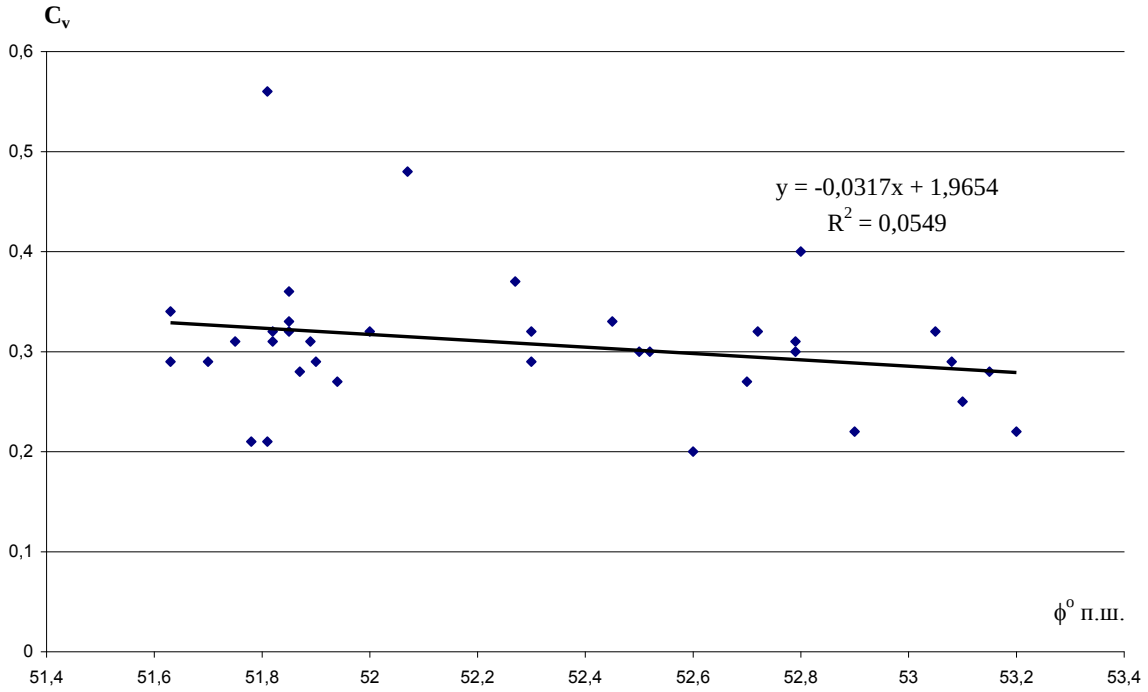


Рисунок 5.2 – Залежність коефіцієнтів варіації від широти геометричних центрів водозборів

Як видно з рисунків залежність коефіцієнтів варіації від широти геометричних центрів водозборів слабко виражена, коефіцієнт кореляції дорівнює $r = 0{,}23$. Навпаки, як залежність від площ водозборів має чіткий вираз і коефіцієнт кореляції $r = 0{,}38$.

Таким чином, узагальнення коефіцієнтів варіації часових рядів річного стоку в басейні р. Десна здійснене з використанням залежності, яка представлена на рисунку 5.3.

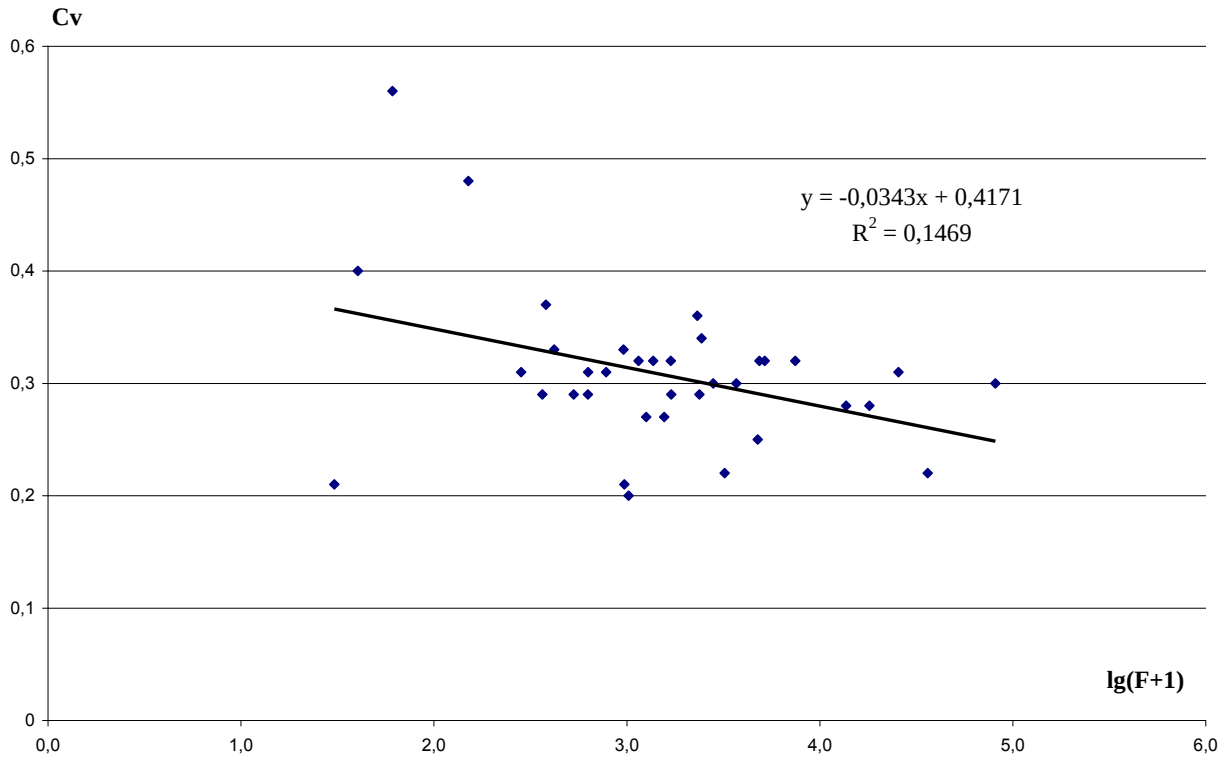


Рисунок 5.3 – Залежність коефіцієнта варіації від площі водозборів

На підставі рівняння, яке описує залежність на рис. 5.3 отримано регіональну формулу:

$$C_v = 0{,}41 - 0{,}034 lg(F + 1). \qquad (5.1)$$

При необхідності встановлення характеристик річного стоку різної забезпеченості необхідно крім q_{cp} і C_v також знати коефіцієнт асиметрії. Він представляє собою 3-й центральний момент, тобто

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^{n}(K_i - 1)^3 n}{C_v^{\,3}(n-1)(n-2)}\ . \qquad (5.2)$$

Оскільки формула (5.2) потребує досить тривалих рядів, які в гідрології відсутні, то параметри C_s встановлюється шляхом осереднення по території відношення C_s / C_v. Для басейну р. Десна пропонується прийняти в якості розрахункового C_s значення цього відношення для розглядуваної території C_s / C_v=2,5 [4].

5.3 Перевірочні розрахунки

Перевірочні розрахунки коефіцієнтів варіації, отриманих за регіональною формулою (5.1) виконувались також як і норма річного стоку за допомогою формули :

$$\Delta C_v = \frac{\left| C_{v\,p} - C_{v\,ф} \right|}{C_{v\,ф}} \cdot 100\% \qquad (5.3)$$

Отримані результати приведені в табл. 5.1. Середнє значення ΔC_v = 14,9, що відповідає вихідній інформації по стоку річок і вимогам СНіП 2.01.14-83 $\left(\sigma_{C_v} \le 15\%\right)$.

Це свідчить про те, що методику запропоновану у магістерській роботі можна використовувати для визначення розрахункових характеристик річного стоку за відсутністю даних спостережень в басейні р. Десна.

Таблиця 5.1 – Перевірочні розрахунки коефіцієнта варіації за регіональною формулою в басейні р. Десна

№ поста	Річка – пост	F, км^2	n, роки	Cv_p	Cv_ϕ	$\lvert\Delta C_v\rvert$
1	р.Десна - с.Олександрівка	1710	41	0,31	0,29	6,92
2	р.Десна - с.Голубея	4770	42	0,29	0,25	17,97
3	р.Десна - м.Брянськ	13700	82	0,28	0,28	0,23
4	р.Десна - с.Розльоти	36300	62	0,26	0,22	20,44
5	р.Десна – м. Чернігів	81400	112	0,25	0,3	15,65
6	р.Ветьма - с.Круча	1370	34	0,31	0,3	2,08
7	р.Болва - с.Псурь	3210	43	0,30	0,22	36,72
8	р.Снежеть - м.Карачев	282	33	0,34	0,31	8,59
9	р.Навля - смт.Навля	1560	32	0,31	0,27	15,34
10	р.Нерусса - с.Радогощ	1020	20	0,32	0,2	58,85
11	р.Сев - с.Новеямське	1150	28	0,32	0,32	1,27
12	р.Соля - с.Мальцеве	39,4	33	0,37	0,4	8,65
13	р.Судость - смт.Погар	5180	36	0,29	0,32	8,22
14	р.Коста - с.Глазове	150	31	0,35	0,48	27,93
15	р.Рожок - с.Червоне	60	25	0,36	0,56	35,84
16	р.Ивотка - с.Ивот	1260	60	0,31	0,27	16,51
17	р.Головесня - с.Покошичі	29,5	76	0,37	0,21	75,97
18	р.Убідь – с.Кудрівка	970	54	0,32	0,21	51,64
19	р.Сейм – с.Зуївка	2320	49	0,31	0,36	15,12
20	р.Сейм – с.Лебяж'є	4870	39	0,29	0,32	7,93
21	р.Сейм –с.Ришкове	7460	46	0,29	0,32	9,90
22	р.Сейм – м.Рильськ	18100	47	0,28	0,28	1,70
23	р.Сейм – с.Мутин	25600	83	0,27	0,31	12,86
24	р.Рать – с.Бесединo	630	36	0,32	0,31	4,77
25	р.Тускарь – с.Свобода	1690	26	0,31	0,32	3,05
26	р.Тускарь – м.Курськ	2380	57	0,31	0,29	5,24
27	р.Снова – с.Щурове	781	37	0,32	0,31	3,75
28	р.Реут – с.Любицька	960	43	0,32	0,33	3,46
29	р.Прут – с.Ширкове	530	37	0,33	0,28	12,88
30	р.Свапа – с.Локтіонове	419	30	0,33	0,33	0,25
31	р.Свапа – с.Міхайлівка	2800	24	0,30	0,3	0,93
32	р.Свапа – с.Старе Місто	3690	51	0,30	0,3	0,43
33	р.Усожа – м.Фатеж	364	37	0,33	0,29	14,79
34	р.Клевень – с.Шарпівка	2440	65	0,30	0,34	10,35
35	р.Єсмань – с.Ротівка	628	49	0,32	0,29	12,02
36	р.Ревна – Залізний міст	380	18	0,33	0,37	10,20
Середнє значення						14,9

ВИСНОВКИ

За результатами виконаної роботи можна зробити наступні висновки:

1. За географічним положенням Десна впадає в Дніпро біля Києва, долаючи шлях до гирла по території Чернігівської і Київської областей і є найдовшою лівою притока Дніпра.

2. Річкова система Десни включає понад три десятки річок.

3. Десна разом з притоками утворює Деснянську гідрологічну область, що охоплює територію Чернігівської і Північно-Сумської областей.

4. Гідрологічний режим річки Десна можна охарактеризувати як співвідношення снігового, дощового та підземного живлення, яке змінюється в різні за водністю роки.

Початок водопілля на річці відноситься до першої декади березня, закінчується повінь в третій декаді травня. Тривалість водопілля складає майже 3 місяці. Пік повені зазвичай спостерігається в середині квітня.

У період межені спостерігаються невеликі дощові паводки.

5. Мінливість стоку території призводить до того, що в багатоводні роки водні ресурси Десни з притоками в 1,5-2 рази більше, а в маловодні в 2 рази менше, ніж у середній за водністю рік.

6. Спостереження за річним стоком у басейні річки Десна ведуться на 36 гідрологічних постах з періодом спостережень по 2010 рік. По території вони розподілені нерівномірно. З них на головній річці розташовано 5 постів, на річці Сейм також розташовано 5 постів, на річці Свапа – 3 поста, на річці Тускар – 2 поста і по 1 посту на річках Ветьма, Болва, Снежеть, Навля, Сев, Соля, Судость, Коста, Рожок, Ивотка, Головесня та ін.

7. Стосовно статистичних оцінок можна визначити, що обробка часових рядів річного стоку виконана за методами моментів та найбільшої правдоподібності. Середні значення річного стоку змінюється від 6,1

л/(с·км^2) до 2,8 л/(с·км^2). Коефіцієнти варіації змінюються від 0,48 до 0,2, це свідчить про те, що в цілому для річного стоку в басейні р. Десна характерна висока ступень мінливості у рядах середньорічних модулів стоку. Вони мають майже однакові значення як у методі моментів так і у методі найбільшої правдоподібності. У методі моментів коефіцієнт асиметрії C_s змінюється в дуже широких межах від – 0,3 до 1,97. У методі найбільшої правдоподібності середнє значення C_s / C_v знаходиться на рівні 2,7.

8. Середня квадратична похибка для обчислення *n*-річних середніх стокових рядів в середньому по басейну р. Десна $\sigma_{q_{cp}} = 4{,}9\%$. Точність коефіцієнтів варіації дорівнює $\sigma_{Cv} = 11{,}8\%$.

9. Результат перевірки на однорідність показав, що 4 гідрологічних постів є неоднорідними. Однорідність виконувалась за критеріями Фішера, Стьюдента та Вілкоксона.

10. По неоднорідним постам були побудовані графіки тренду. Тренд присутній в усіх неоднорідних рядах, коефіцієнт кореляції у цих рядах є значимий.

11. На можливість подальших розрахунків річного стоку для річок басейну р. Десна були побудовані по всіх постах різницеві інтегральні криві.

12. Для виявлення проявів синхронності коливань річного стоку є побудова суміщених графіків різницевих інтегральних кривих стоку.

13. Середні багаторічні величини річного стоку визначаються з урахуванням циклічних коливань.

14. Для встановлення характеру циклічних коливань криві представлені сумісно по декілька гідрологічних постів. Майже всі криві утворюють замкнуті цикли коливань водності.

15. Деякі криві мали невеликі розриви, але на норму річного стоку це суттєво не впливає. В цілому визначається їх схожість. Це дає можливість для подальшого розрахунку річного стоку.

16. З метою встановлення просторової закономірності зміни норми річного стоку по території була побудована залежність $\bar{q}$ л/(с·км^2) від широтного положення та залежність $\bar{q}$ л/(с·км^2) від лісистості для визначення впливу на норму стоку місцевих факторів.

17. Вплив лісу на норму стоку в басейні р. Десна не спостерігається, коефіцієнт кореляції цієї залежності дорівнює 0,25 і є незначущим. Коефіцієнт кореляції залежності норми стоку від широтного положення відноситься до значущих і дорівнює 0,61.

18. Картування норм річного стоку обумовлено географічними координатами річкових водозборів.

19. Просторове узагальнення річного стоку здійснено шляхом побудови відповідної карти ізоліній.

20. При побудові карт значення норм стоку відносились до геометричних центрів водозборів. Ізолінії проведені через 1,0 л/(с·км^2).

21. Перевірочні розрахунки за результатами побудованої карти ізоліній норми річного стоку свідчать про те, що $\Delta\bar{q}$=7,2 і відповідає вихідній інформації. Карту можна рекомендувати для визначення норми річного стоку для річок басейна р. Десна, на яких не велись гідрометричні спостереження.

22. Мінливість річного стоку як і норма стоку, відноситься до кількісних характеристик, які мають безпосереднє практичне використання.

23. Узагальнення коефіцієнтів варіації часових рядів річного стоку в басейні р. Десна здійснене з використанням емпіричної залежності.

24. На підставі рівняння, яке описує залежність отримали регіональну формулу.

25. Перевірочні розрахунки коефіцієнтів варіації були виконані за регіональною формулою. Змінюються вони від 0,2 до 0,56 при середньому значенні σ_{C_v}=14,9%, що відповідає вихідній інформації і вимогам СНіП 2.01.14-83 ($\sigma_{C_v} \le 15\%$) при розрахунках річного стоку.

26. Запропоновану методику можна використовувати для визначення розрахункових характеристик річного стоку за відсутністю даних спостережень в басейні р. Десна.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. *Гопченко Є.Д, Овчарук В.А., Лобода Н.С.* Гідрологічні розрахунки. О.:ТЕС, 2014. 483 с

2. *Гребень В.В.* Сучасний водний режим річок України (Ландшафтно-гідрологічний аналіз) – К.: Ника-центр. – 2010. – 315 с.

3. *Шакірзанова Ж.Р., Бурлуцька М.Е.* Гідрологічні розрахунки і прогнози: Конспект лекцій. – Одеса: Видавництво ОДЕКУ. – 2016. – 158 с.

4. *Гопченко Є.Д., Гушля О.В.* Гідрологія суші з основами водних мелиорацій – Київ, 1994 г. 296с.

5. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Гидрометеоиздат, 1984. 447 с.

6. *Вишневський В.І., Косовиць О.О.* Гідрологічні характеристики річок України, К.: Ника-центр. 2003. 324 с.

7. *Рождественський А.В., Чеботарев А.И.* Статистические методы в гидрологии. Л.: Гидрометеоиздат, 1974г. 424 с.

8. Гончарова Л.Д. Клімат і загальна циркуляція атмосфери: Навч. посібник / Гончарова Л.Д., Серга Е.М., Школьний Є.П. – Одеса: ТЕС, 2005. – 251 с.

9. Ubo C.B. Analysis and regionalization of northern Europian winter precipitation based on its relationship with the north atlantic oscillation // International journal of climatology? 23. – 2003 – P. 1185-1194.

10. Thompson D.W. and Wallace J.M. The arctic oscillation signature in winter geopotential heights and temperature fields // Geophys.Res.Lett.1998. Vol/25/ - P. 1297-1300.

11. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.6 Украина и Молдавия, выпуск 2 (Среднее и нижнее Поднепровье), Л-1971г. – 655 с.

Додаток А.1 – Статистичні оцінки часових рядів річного стоку в басейні р. Десна

№ поста	Річка – пост	F, км^2	n, роки	$\bar{q}$, м^3/с*км^2	Метод моментів		Метод найб.правд.	
					C_v	C_s	C_v	C_s / C_v
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	р.Десна - с.Олександрівка	1710	41	6,1	0,3	1,3	0,29	5,1
2	р.Десна - с.Голубея	4770	42	5,8	0,26	0,7	0,25	3,1
3	р.Десна - м.Брянськ	13700	82	5,6	0,28	1,2	0,28	4,7
4	р.Десна - с.Разльоти	36300	62	4,8	0,22	0,26	0,22	1,3
5	р.Десна – м. Чернігів	81400	112	4,1	0,3	0,6	0,3	2,4
6	р.Ветьма - с.Круча	1370	34	5,3	0,32	0,3	0,32	1,1
7	р.Болва - с.Псурь	3210	43	5,1	0,22	0,27	0,22	1,4
8	р.Снежеть - м.Карачев	282	33	5,6	0,31	0,41	0,31	1,5
9	р.Навля - смт.Навля	1560	32	4,7	0,27	0,6	0,27	2,4
10	р.Нерусса - с.Радогощ	1020	20	4,5	0,2	-0,3	0,2	-0,2
11	р.Сев - с.Нове-Ямське	1150	28	3,2	0,32	0,3	0,32	1,1
12	р.Соля - с.Мальцеве	39,4	33	3,8	0,4	0,83	0,4	2,3
13	р.Судость - смт.Погар	5180	36	3,6	0,32	0,33	0,32	1,2
14	р.Коста - с.Глазове	150	31	4,6	0,48	0,96	0,48	2,3
15	р.Рожок - с.Червоне	60	25	2,8	0,55	1,53	0,56	3,6
16	р.Ивотка - с.Ивот	1260	60	4,1	0,27	0,19	0,27	0,9
17	р.Головесня - с.Покошичі	29,5	76	5,8	0,21	0,45	0,21	2,2
18	р.Убідь – с.Кудрівка	970	54	4,1	0,21	0,9	0,21	4,5
19	р.Сейм – с.Зуївка	2320	49	3,1	0,36	0,19	0,36	0,6
20	р.Сейм – с.Лебяж’є	4870	39	3,4	0,32	0,16	0,32	0,7
21	р.Сейм –с.Ришкове	7460	46	3,6	0,32	0,61	0,32	2,1
22	р.Сейм – м.Рильськ	18100	47	3,9	0,28	0,43	0,28	1,6

Продовження дод. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
23	р.Сейм – с.Мутин	25600	83	3,8	0,31	0,9	0,31	3,0
24	р.Рать – с.Бесединo	630	36	4,4	0,31	0,7	0,31	2,5
25	р.Тускарь – с.Свобода	1690	26	4,1	0,32	1,03	0,32	3,9
26	р.Тускарь – м.Курськ	2380	57	4,3	0,29	0,84	0,29	3,0
27	р.Снова – с.Щурове	781	37	4,1	0,31	1,41	0,31	5,4
28	р.Реут – с.Любицька	960	43	3,4	0,33	0,57	0,33	1,8
29	р.Прут – с.Ширкове	530	37	4,4	0,29	0,78	0,29	3,0
30	р.Свапа – с.Локтіонове	419	30	4,4	0,33	1,37	0,33	5,1
31	р.Свапа – с.Міхайлівка	2800	24	4,7	0,3	0,48	0,3	1,8
32	р.Свапа – с.Старе Місто	3690	51	4,7	0,3	0,57	0,3	2,0
33	р.Усожа – м.Фатеж	364	37	4,1	0,3	0,85	0,29	3,1
34	р.Клевень – с.Шарпівка	2440	65	3,5	0,34	1,55	0,34	5,1
35	р.Єсмань – с.Ротівка	628	49	3,4	0,3	0,77	0,29	2,8
36	р.Ревна – Залізний міст	380	18	4,0	0,37	1,97	0,37	9,0
Середнє				4,3				2,7

Додаток А.2 – Точність оцінок статистичних параметрів часових рядів річного стоку в басейні р. Десна

№ поста	Річка – пост	F, км^2	n, роки	C_V	$\sigma_{\bar{q}}$, %	σ_{C_V}, %
1	р.Десна - с.Олександрівка	1710	41	0,29	4,5	11,5
2	р.Десна - с.Голубея	4770	42	0,25	3,9	11,2
3	р.Десна - м.Брянськ	13700	82	0,28	3,1	8,1
4	р.Десна - с.Розльоти	36300	62	0,22	2,8	9,2
5	р.Десна – м. Чернігів	81400	112	0,3	2,8	7,0
6	р.Ветьма - с.Круча	1370	34	0,3	5,1	12,7
7	р.Болва - с.Псурь	3210	43	0,22	3,4	11,0
8	р.Снежеть - м.Карачев	282	33	0,31	5,4	12,9
9	р.Навля - смт.Навля	1560	32	0,27	4,8	12,9
10	р.Нерусса - с.Радогощ	1020	20	0,2	4,5	16,1
11	р.Сев - с.Новеямське	1150	28	0,32	6,0	14,0
12	р.Соля - с.Мальцеве	39,4	33	0,4	7,0	13,3
13	р.Судость - смт.Погар	5180	36	0,32	5,3	12,4
14	р.Коста - с.Глазове	150	31	0,48	8,6	14,1
15	р.Рожок - с.Червоне	60	25	0,56	11,2	16,2
16	р.Ивотка - с.Ивот	1260	60	0,27	3,5	9,5
17	р.Головесня - с.Покошичі	29,5	76	0,21	2,4	8,3
18	р.Убідь – с.Кудрівка	970	54	0,21	2,9	9,8
19	р.Сейм – с.Зуївка	2320	49	0,36	5,1	10,7
20	р.Сейм – с.Лебяж’є	4870	39	0,32	5,1	11,9
21	р.Сейм –с.Ришкове	7460	46	0,32	4,7	10,9
22	р.Сейм – м.Рильськ	18100	47	0,28	4,1	10,7
23	р.Сейм – с.Мутин	25600	83	0,31	3,4	8,1
24	р.Рать – с.Бесединo	630	36	0,31	5,2	12,3
25	р.Тускарь – с.Свобода	1690	26	0,32	6,3	14,6
26	р.Тускарь – м.Курськ	2380	57	0,29	3,8	9,8
27	р.Снова – с.Щурове	781	37	0,31	5,1	12,2
28	р.Реут – с.Любицька	960	43	0,33	5,0	11,4
29	р.Прут – с.Ширкове	530	37	0,28	4,6	12,1
30	р.Свапа – с.Локтіонове	419	30	0,33	6,0	13,6
31	р.Свапа – с.Міхайлівка	2800	24	0,3	6,1	15,1
32	р.Свапа – с.Старе Місто	3690	51	0,3	4,2	10,3
33	р.Усожа – м.Фатеж	364	37	0,29	4,8	12,1
34	р.Клевень – с.Шарпівка	2440	65	0,34	4,2	9,3
35	р.Єсмань – с.Ротівка	628	49	0,29	4,1	10,5
36	р.Ревна – Залізний міст	380	18	0,37	8,7	17,8
Середнє					4,9	11,8

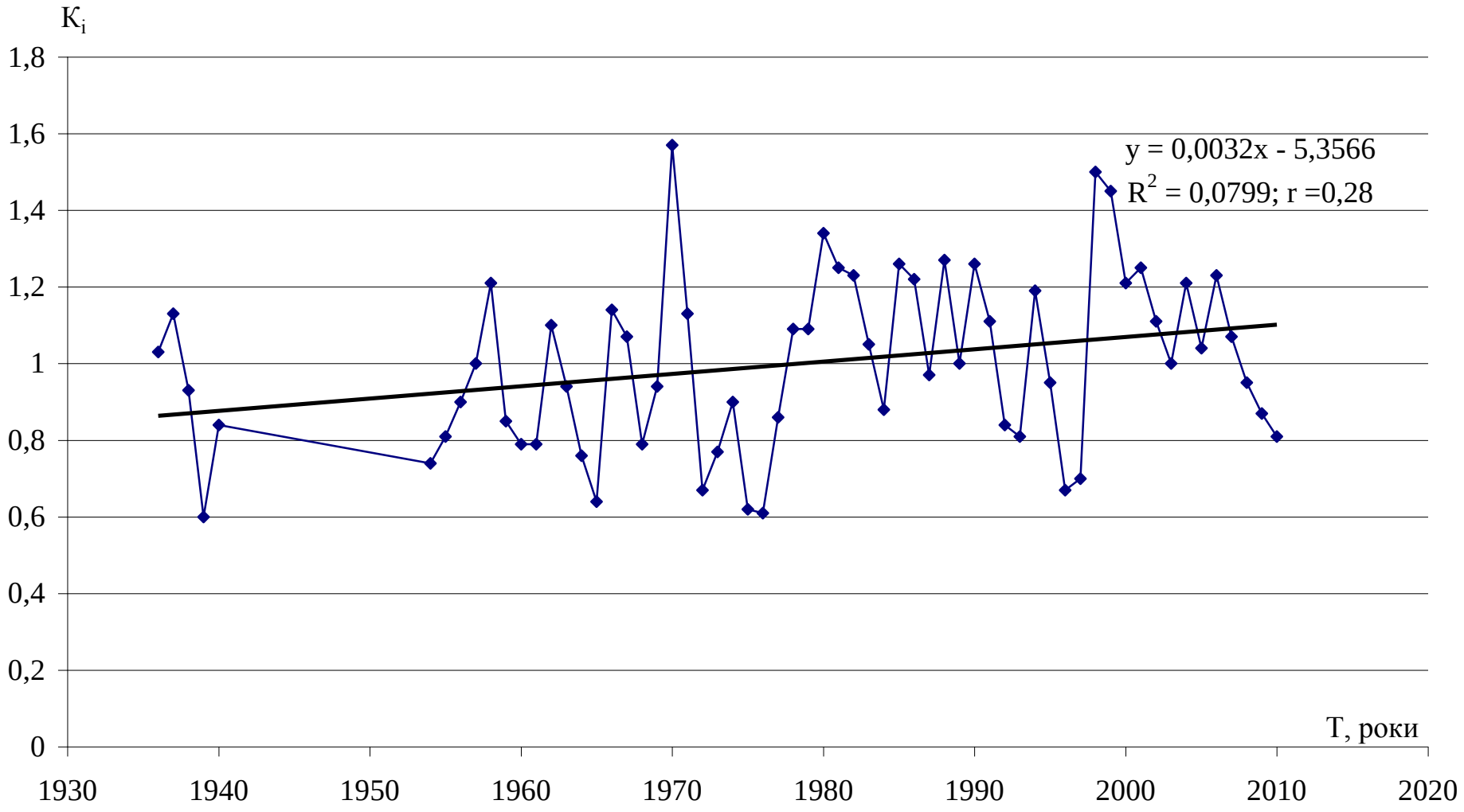


Рисунок Б.1 - Визначення тренду Десна-Разльоти

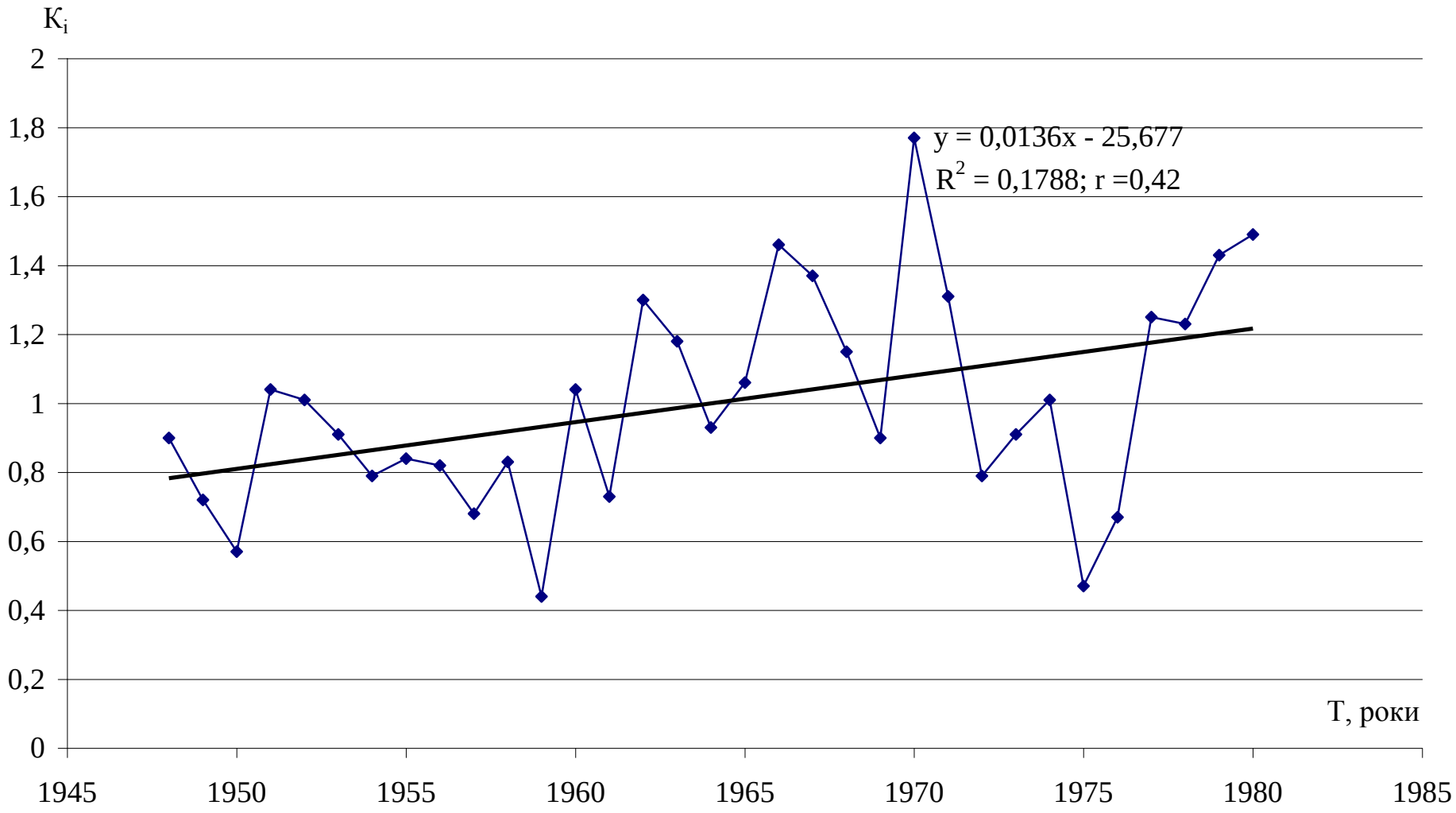


Рисунок Б.2 - Визначення тренду р. Снежеть - м. Карачев

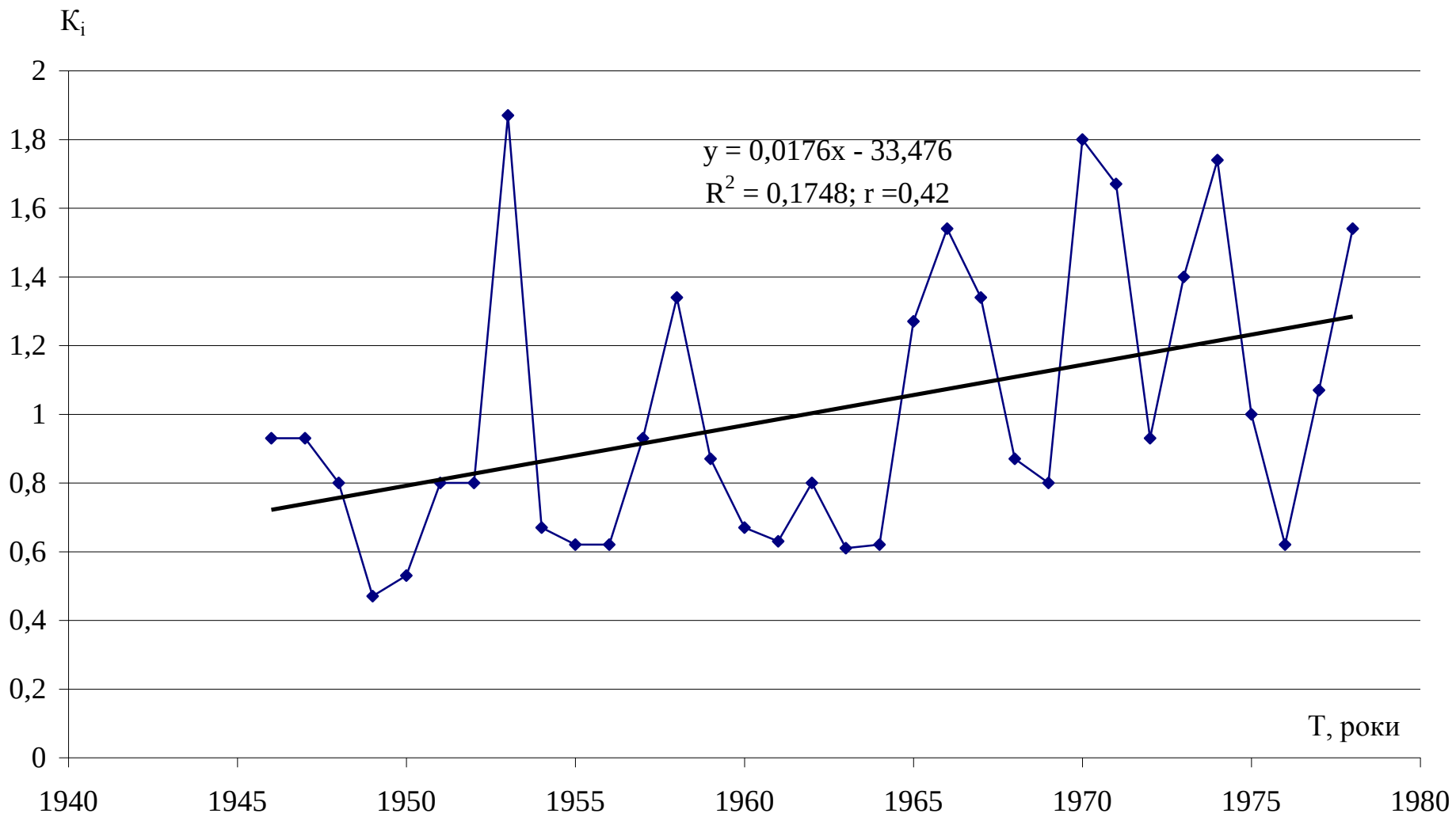


Рисунок Б.3 - Визначення тренду р. Соля - с. Мальцеве

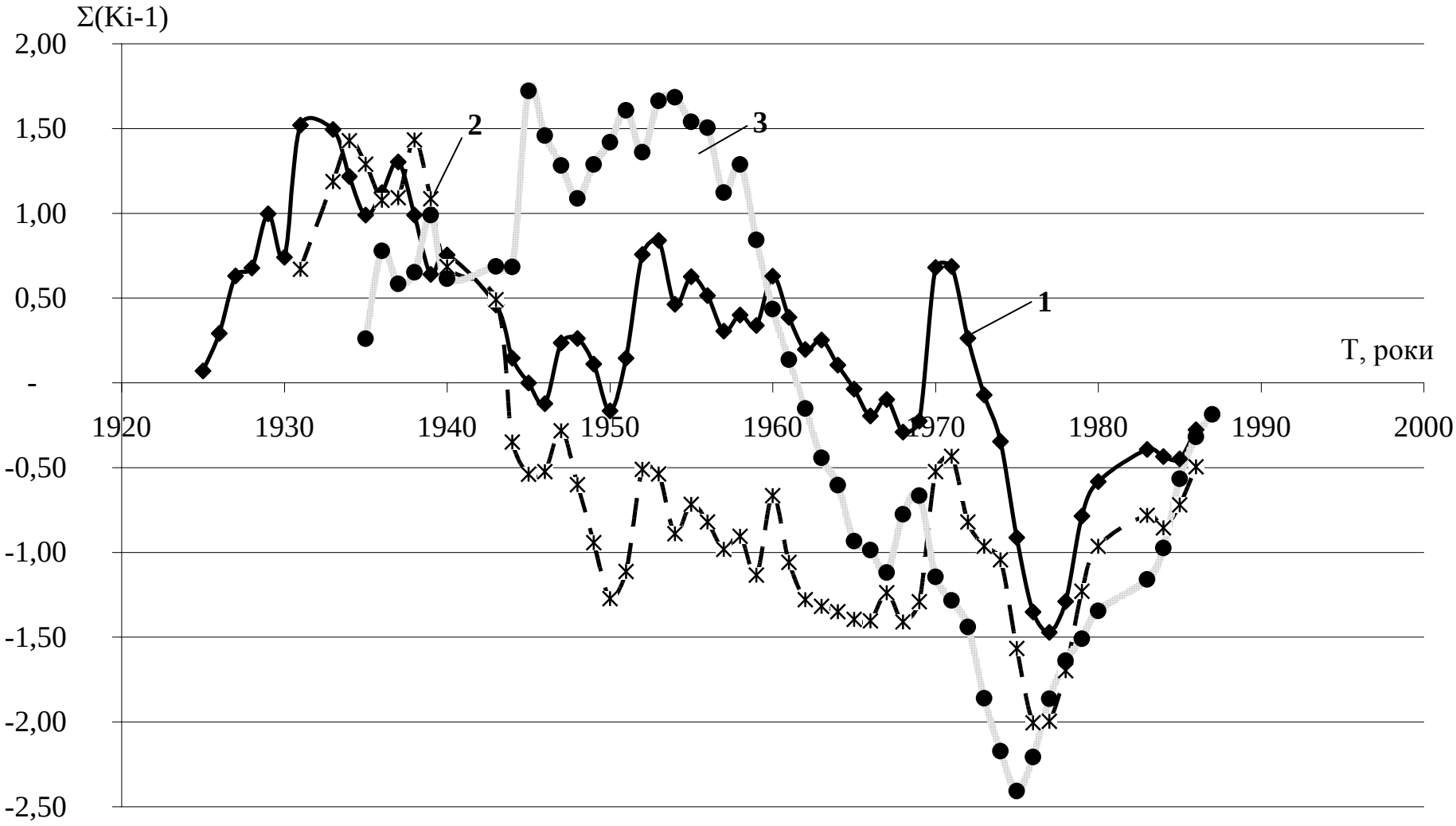


Рисунок В.1 - Різницеві інтегральні криві
1- р.Тускарь - м.Курськ; 2 - р.Свапа - с.Старе місто; 3 - р.Есмань - с.Ротівка

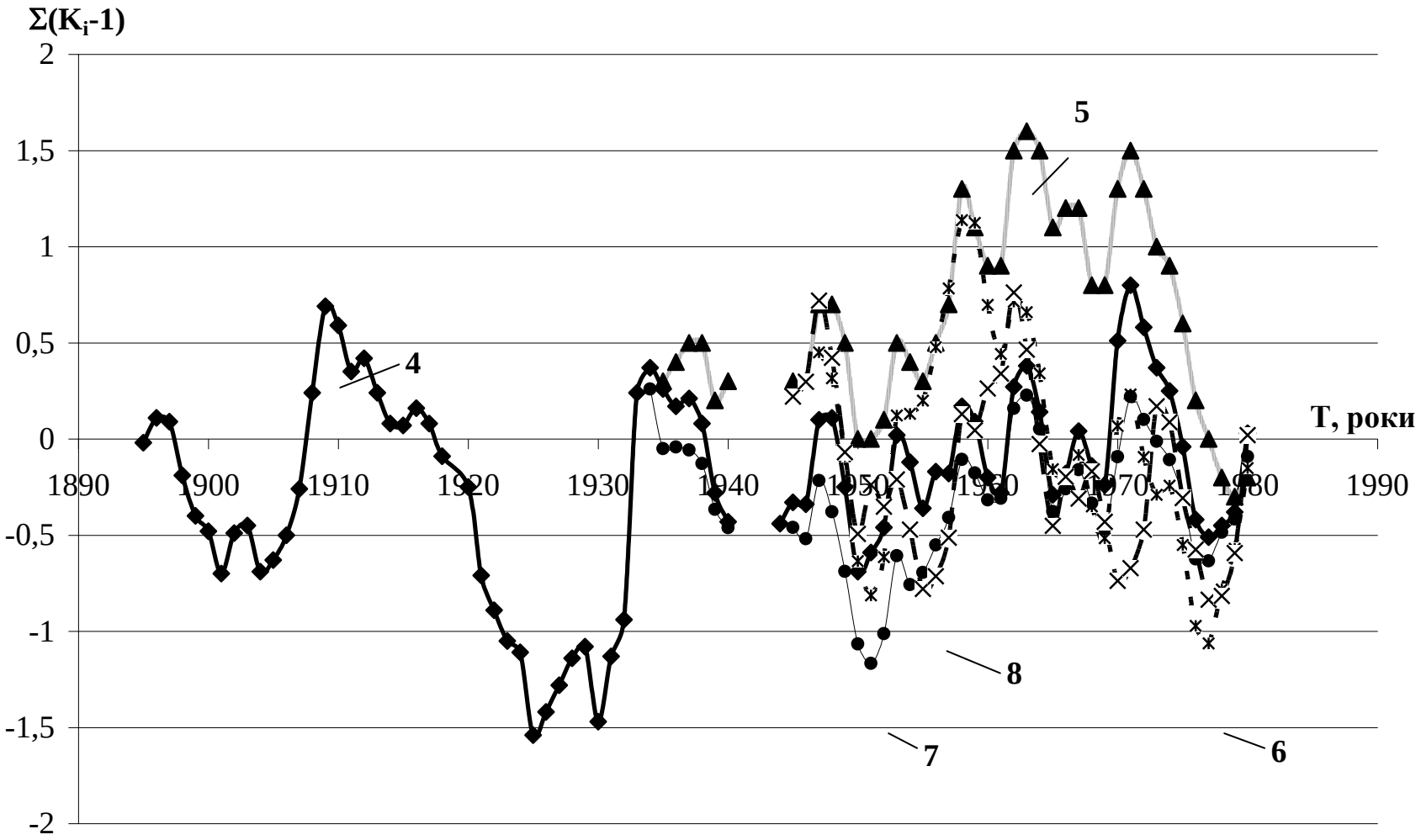


Рисунок В.2 - Різницеві інтегральні криві
4 - р.Десна - м.Брянськ; 5 - р.Десна - с.Голубея; 6 - р.Ветьма - с.Круча; 7 - р.Болва - с.Псурь;
6 - р.Судость - с.Погар

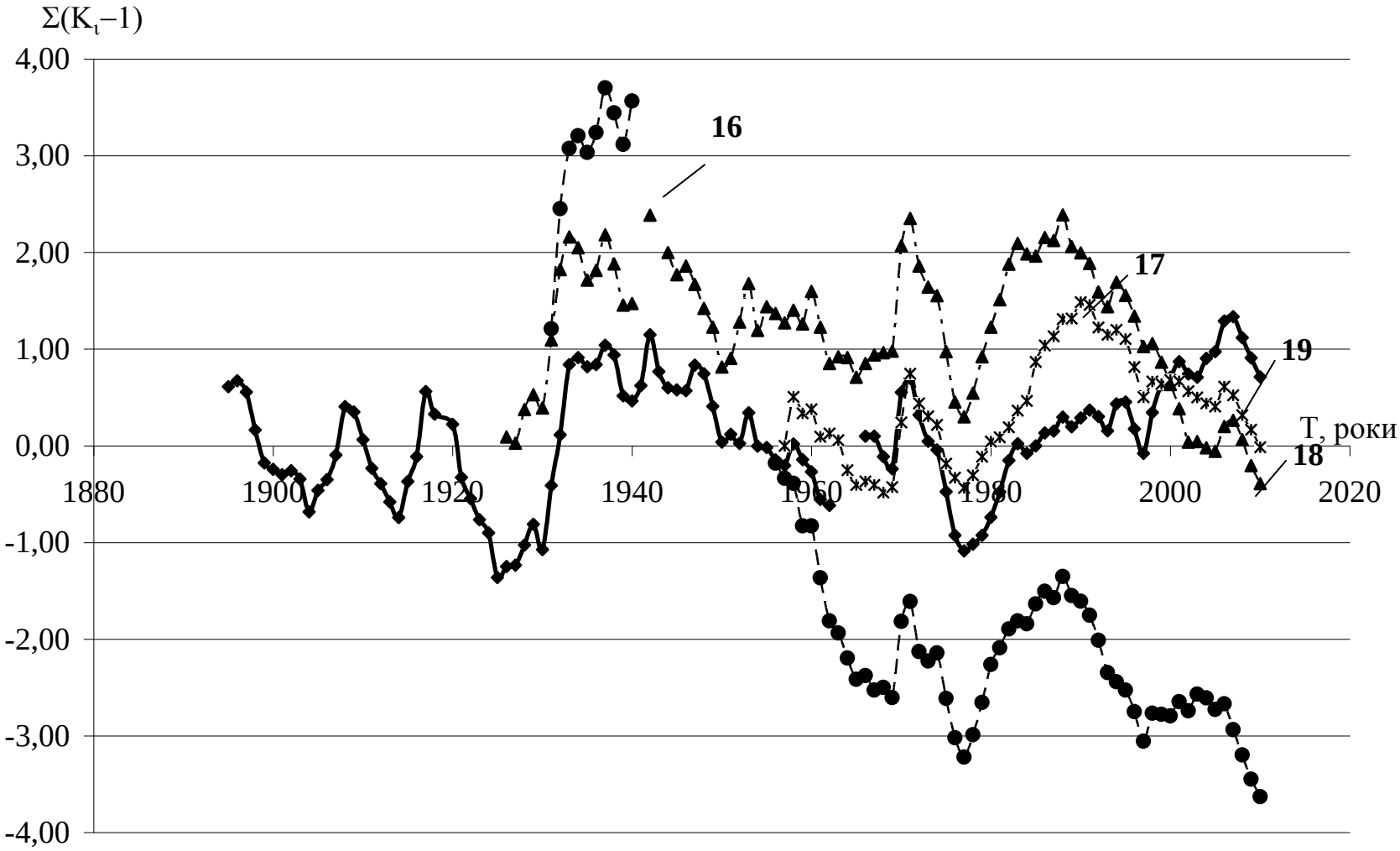


Рисунок В.3 - Різницеві інтегральні криві
16- р.Клевень - с.Шарпівка; 17 - р.Сейм - с.Мутіно; 18 - р.Убедь - с.Кудрівка; 19 - р.Десна - м.Чернігів

Додаток Г

Таблиця Г.1 – Вихідні дані для побудови залежності середньорічних величини річного стоку від залісеності та широти геометричних центрів водозборів в бассейні р. Десна

№ за картою	Річка - пост	$\bar{q}$, л/(с·км^2)	F, км^2	$H_{ср}$, м	$f_л$, %	φ° п.ш.
1	2	3	4	5	6	7
1	р.Десна - с.Олександрівка	6,1	1710	220	16	53,08
2	р.Десна - с.Голубея	5,9	4770	210	27	53,10
3	р.Десна - м.Брянськ	5,6	13700	190	40	53,15
4	р.Десна - с.Разльоти	4,8	36300	190	30	53,20
5	р.Десна – м. Чернігів	4,1	81400			52,79
6	р.Ветьма - с.Круча	5,3	1370	200	61	53,05
7	р.Болва - с.Псурь	5,1	3210	200	44	52,90
8	р.Снежеть - м.Карачев	5,6	282	220	5	52,79
9	р.Навля - смт.Навля	4,7	1560	210	15	52,70
10	р.Нерусса - с.Радогощ	4,5	1020	220	23	52,60
11	р.Сев - с.Новеямське	3,2	1150	200	13	52,72
12	р.Соля - с.Мальцеве	3,8	39,4	180	96	52,80
13	р.Судость - смт.Погар	3,6	5180	180	16	52,30
14	р.Коста - с.Глазове	4,6	150	190	1	52,07
15	р.Рожок - с.Червоне	2,8	60	200	8	51,81
16	р.Ивотка - с.Ивот	4,1	1260	190	30	51,94
17	р.Головесня - с.Покошичи	5,8	29,5	180	13	51,78
18	р.Убідь – с.Кудрівка	4,1	970	160	22	51,81
19	р.Сейм – с.Зуївка	3,1	2320	220	3	51,85
20	р.Сейм – с.Лебяж’є	3,4	4870	220	4	51,82
21	р.Сейм –с.Ришкове	3,6	7460	220	5	51,85
22	р.Сейм – м.Рильськ	3,9	18100	210	5	51,87

Продовження табл. Г.1

1	2	3	4	5	6	7
23	р.Сейм – с.Мутин	3,8	25600	210	5	51,89
24	р.Рать – с.Бесединo	4,4	630	220	6	51,82
25	р.Тускарь – с.Свобода	4,1	1690	230	4	52,0
26	р.Тускарь – м.Курськ	4,3	2380	230	5	51,90
27	р.Снова – с.Щурове	4,1	781	230	2	51,75
28	р.Реут – с.Любицька	3,4	960	210	6	51,85
29	р.Прут – с.Ширкове	4,4	530	200	14	51,70
30	р.Свапа – с.Локтіонове	4,4	419	220	6	52,45
31	р.Свапа – с.Міхайлівка	4,7	2800	210	9	52,50
32	р.Свапа – с.Старе Місто	4,7	3690	210	11	52,52
33	р.Усожа – м.Фатеж	4,1	364	220	4	52,30
34	р.Клевень – с.Шарпівка	3,5	2440	180	7	51,63
35	р.Єсмань – с.Ротівка	3,4	628	180	15	51,63
36	р.Ревна – Залізний міст	4,0	380	170	14	52,27

Додаток Д.1

АПРОБАЦІЯ РОБОТИ

1) Осадчий М.М. Річний стік в басейні р. Десна// Матеріали V Міжнародної наукової конференції молодих вчених «Екологія, неоекологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» 29-30 листопада 2017 р., ХНУ, Харків– 2017. С.94 – 97.

2) Осадчий М.М. Циклічність у часових рядах річного стоку в басейні р. Десна// Матеріали наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ 3-12 травня 2017.. Одеса: ОДЕКУ, 2017. С.99-100.

3) Осадчий М.М. Мінливість в рядах річного стоку в басейні р. Десна// Матеріали конференції молодих вчених ОДЕКУ 7-8 травня 2018р. (до друку)