

Міністерство освіти і науки України
Одеський державний екологічний університет

Науково-навчальний
Гідрометеорологічний інститут
Кафедра гідрології суші

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: «Визначення характеристик річного стоку в басейні р. Прип'ять»

Виконав: студент гр. ГО-18
спеціальності 103 «Наука про Землю»

Антонов Данило Ярославович

Керівник: канд. геогр. наук, доцент

Бурлуцька Марія Едуардівна

Рецензент канд. геогр. наук, доцент

Романчук Марина Євгенівна

Одеса – 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Науково-навчальний гідрометеорологічний інститут
Кафедра Гідрології суші
Рівень вищої освіти бакалавр
Спеціальність 103 «Науки про Землю»
(шифр і назва)
Освітня програма Гідрометеорологія
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри гідрології суші

“ 02 ” березня 2022 року
Шакірзанова Ж.Р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

студенту(ці) Антонову Данилу Ярославовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Визначення характеристик річного стоку в басейні р. Прип'ять

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

затверджені наказом ОДЕКУ від 21 грудня 2021 року № 267 “С”

2. Строк подання студентом роботи 05.06.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи Середні річні модулі стоку за даними ОГХ, щорічників, Ресурсів поверхневих вод

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

На основі отриманих даних спостережень за річним стоком розглянутої території виконати статистичну обробку часових рядів стоку, перевірити на однорідність існуючі ряди спостережень за річним стоком. Проаналізувати циклічність.

Визначити норму річного стоку, виявити вплив на цю характеристику місцевих факторів та широтного положення в басейні р. Прип'ять.

Просторово узагальнити середнє значення (норму) річного стоку.

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

Карта фізико-географічного положення басейну р. Прип'ять, карто-
схема розташування гідрологічних постів басейну, різницеві інтегральні
криві, графіки впливу на норму річного стоку лісистості та широтного
положення, карта розподілу ізоліній норми річного стоку в басейні
р. Прип'ять.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 02 березня 2022 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 в басейні р. Прип'ять та опис фізико-географічних характеристик	02.03-09.03	70	Задовільно
2	Виконати статистичну обробку часових рядів річного стоку, перевірка рядів на однорідність	10.03-15.03	75	Добре
3	Визначення та аналіз циклічності у рядах річного стоку в досліджуваному басейні	16.03-20.03	75	Добре
4	Рубіжна атестація			
5	Перевірка на однорідність часових рядів річного стоку басейну р. Прип'ять	23.05-26.05	75	Добре
6	Виявлення впливу місцевих факторів та широтного положення на норму річного стоку в басейні р. Прип'ять та просторове узагальнення середньорічних модулів річного стоку у вигляді карти ізоліній	27.05-31.05	80	Добре
	Оформлення кваліфікаційної роботи бакалавра	01.06-05.06		
	Перевірка роботи на плагіат	05.06-07.06		
	Підготовка доповіді, презентації	07.06-14.06		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		75	Добре

Студент



(підпис)

Антонов Д.Я.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


Бурлуцька М.Е.

(прізвище та ініціали)

Зміст

ВСТУП	6
1. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНУ р. ПРИП'ЯТЬ 7	
1.1 Рельєф і геологічна будова.....	7
1.2 Карст	10
1.3 Ґрунти та рослинність	11
1.4 Кліматичні умови	14
1.4.1 Температура повітря	15
1.4.2 Опади	15
1.5 Гідрологічна вивченість	16
1.6 Водний режим річок	18
2. МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ СТАТИСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СТОКУ	20
2.1 Метод моментів	20
2.2 Метод найбільшої правдоподібності	23
2.3 Точність обчислення параметрів статистичного розподілу	24
2.4 Статистична обробка часових рядів річного стоку в басейні р. Прип'ять	25
2.6 Визначення однорідності за параметричними критеріями (Фішера і Стьюдента)	32
2.7 Аналіз однорідності з використанням непараметричних критеріїв (Вілкоксона)	34
2.8 Аналіз однорідності часових рядів річного стоку в басейні р. Прип'ять ..	35
3. НОРМА РІЧНОГО СТОКУ І МЕТОДИ ОБЧИСЛЕННЯ	39
3.1 Поняття норми річного стоку	39
3.2. Методи визначення циклічності	40
3.3 Аналіз циклічності в басейні р. Прип'ять	41
3.4 Обчислення норми річного стоку при коротких рядах спостережень	42
3.5 Визначення норми річного стоку за відсутністю гідрометричних вимірювань.....	42

4. ЧИННИКИ РІЧНОГО СТОКУ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ НОРМИ СТОКУ В БАСЕЙНІ Р. ПРИП'ЯТЬ.....	44
4.1 Удосконалення розрахунку норми річного стоку по басейну р. Прип'ят.	44
4.2 Перевірочні розрахунки.....	50
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55
ДОДАТОК А.....	57
ДОДАТОК Б	58
ДОДАТОК В.....	59
ДОДАТОК Г	66

ВСТУП

Вчення про стік становить частину річкової гідрології, в якій розглядаються процеси, що відбуваються в басейні річок і визначають водність цих річок. На формування стоку річок впливають кліматичні чинники (атмосферні опади, випаровування, температура повітря та ґрунту, вологість повітря та швидкість вітру) та підстильна поверхня (рельєф, лісистість, наявність озер та боліт, ґрунти та інше). Важливою характеристикою стоку будь-якої річки є його середнє значення за багаторічний період – норма річного стоку. Норма річного стоку має важливе значення при розрахунках стоку та водогосподарському проектуванні. Поняття стійкості норми стоку є умовним, тому що при цьому вважається стійкість середніх багаторічних значень основних кліматичних чинників стоку (опадів та випаровування), а також незмінність фізико-географічних умов (рельєф, ґрунти, рослинність тощо). Кліматичні умови на поверхні земної кулі характеризуються періодичними змінами. Ці коливання мають циклічний характер: вологі цикли чергуються з посушливими, а на зміну останнім знову приходять вологі. Крім циклічних коливань стоку, які викликані циклічними коливаннями кліматичних чинників, зміни стоку обумовлюються і господарською діяльністю людини. Тому при встановленні норми річного стоку потрібно враховувати закономірність у вигляді угруповань багатоводних або маловодних років різної тривалості і до розрахункового періоду внести однакову кількість замкнених циклів (багатоводних та маловодних груп водності). Також необхідно перевіряти статистичну однорідність часових рядів, особливо в районах інтенсивної господарської діяльності. Метою дипломного проекту є визначення норми річного стоку в басейні р. Прип'ять, виявити вплив на цю характеристику місцевих факторів та широтного положення водозбору. Узагальнити норму річного стоку по досліджуваній території.

1. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНУ р. ПРИП'ЯТЬ

1.1 Рельєф і геологічна будова

Серед приток Дніпра найважливіше місце належить Прип'яті – річці, яка в місті впадіння у Дніпро не набагато поступається йому за своєю водністю. Площа басейну річки становить 121 тис.км², довжина – 761 км. На українську (басейну правобережну) частину р. Прип'ять припадає 57% площі водозбору [1]. Басейн Прип'яті в межах України (рис. 1.1) охоплює декілька орографічних областей.

У даній роботі розглядається правобережна українська частина басейну р. Прип'ять, яка охоплює Волинську височину (Волинське Полісся), північну частину Подільської височини та частину Поліської низовини.

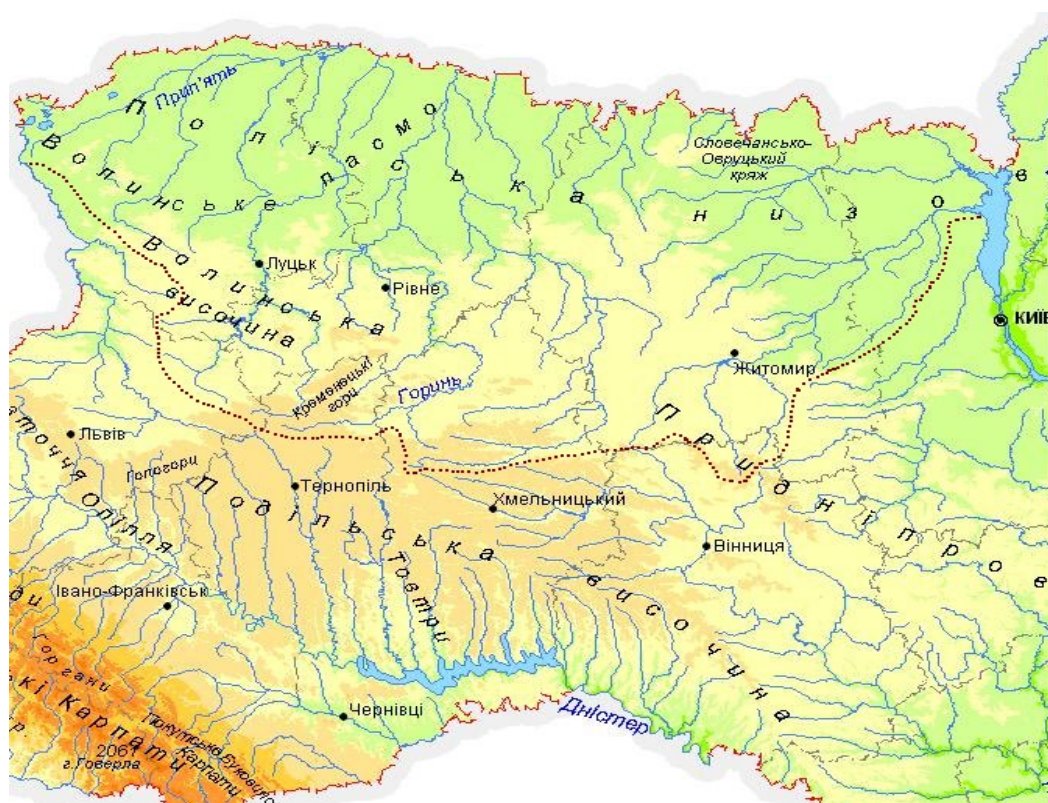


Рис. 1.1 - Карта-схема фізико-географічного положення правобережної частини басейну р. Прип'ять [2]

Морфологічні риси поверхні басейну р. Прип'ять (глибина розчленування, розподіл висот, ступінчастість рельєфу) знаходяться в тісній залежності від геологічної будови.

Сучасний рельєф басейну р. Прип'ять представлений переважно плоскими і покатохвильними низинами і рівнинами, річковими долинами і окремими масивами гляцево-моренних утворень. Глибина розчленування зазвичай не перевищує 5 м і тільки місцями, в районі поширення височин, може досягати 50 м і більше.

Основним рельєфоутворюючим чинником цієї території є діяльність середньоантропогенних льодовиків – Дніпровського і Сожського. Створений у той час льодовиковий рельєф був перетворений ерозійною діяльністю тимчасових і постійних потоків, еоловими і гравітаційними, карстовими процесами. Останнім часом важливим рельєфоутворюючим чинником стала антропогенна діяльність людини, яка призводить до зміни природного рельєфу, створення великої кількості штучних ставків, кар'єрів, гребель, каналів тощо.

Рельєфоутворювальними породами тут є відкладення антропогенного і голоценового віку, які представлені флювіогляціальними, озерно-алювіальними, алювіальними, моренними, болотистими генетичними типами. Значний вплив на рельєф створила літологія доантропогенних порід, особливо моренокрейдяних товщ, які супроводили утворення карстових форм [3-5].

У західному напрямі Правобережна височина переходить в Подільську височину, основна частина якої дронується лівими притоками Дністра; у північно-східній частині височини протікають річки Случ і Горинь (праві притоки Прип'яті), а на північно-західному схилі бере початок р. Стир та її права притока – Іква. Подільська височина в межах басейну Дніпра має максимальні відмітки поверхні до 407 м.

Річки Іква та Стир перетинають східну частину Малополіської (Бузько-Стирської) рівнини – велику відносно знижену область, що розділяє

Подільську височину (на півдні) і Волинську височину (на півночі). Ця неглибоко розчленована рівнина має відмітки поверхні приблизно 230-240 м. Рівнинний характер поверхні, поширеність піщаних масивів і значна заболоченість стали основою для порівняння її з Поліссям.

Волинська височина витягнута в широтному напрямі і перетинається долинами р. Стир (з притокою Іква) і р. Горинь. Відмітки поверхні тут становлять 240-250 м, в межах Мизочського кряжу – до 341 м, глибина врізу річкових долин досягає 60-70 м (зазвичай близько 50 м).

Загальними рисами Полісся є порівняно рівна, часто заболочена поверхня, неглибоко врізані, широко меандруючі річкові долини, велике поширення пісків, що утворюють своєрідні форми рельєфу [3,4].

Абсолютні відмітки поверхні Волинського Полісся досягають 220 м, але в середньому знаходяться в межах 200 м (поверхня усього прип'ятського і правобережного Полісся нахилена на північ, до долини Прип'яті).

Складну взаємодію екзогенних і ендегенних процесів зумовили серйозні відмінності в рельєфі і будові четвертинної товщі різних частин території басейну Прип'яті. Серед ендегенних чинників найважливішими були диференційовані в часі і просторі неотектонічні рухи, серед екзогенних процесів різкі кліматичні зміни і розвиток четвертинних материкових леденінь.

В басейні Прип'яті та її приток спостерігається різна кількість терас, які за віком і геологічною будовою можна об'єднати в три комплекси – заплаву (голоцен), поліську терасу (верхньочетвертинного віку) і нижньо-середньочетвертинні тераси.

Плоска поверхня вододілів порушується пагорбами, грядами, піщаними останцями. Зустрічаються тут і «антропогенні» форми рельєфу у вигляді меліоративних каналів, виїмок, насипів і так далі [3-5].

1.2 Карст

В басейні р. Прип'ять немає значних (за площею) ділянок з типовими ландшафтами поверхневого закарстування [3,6]. Проте, карстові явища в слабкій формі зустрічаються досить широко.

Поліські райони розвитку верхньокрейдяного карсту поширені у верхів'ях Прип'яті та її правих приток: річок Тур'я, Стохід, Стир, Горинь і Случ [3] (рис. 1.2).

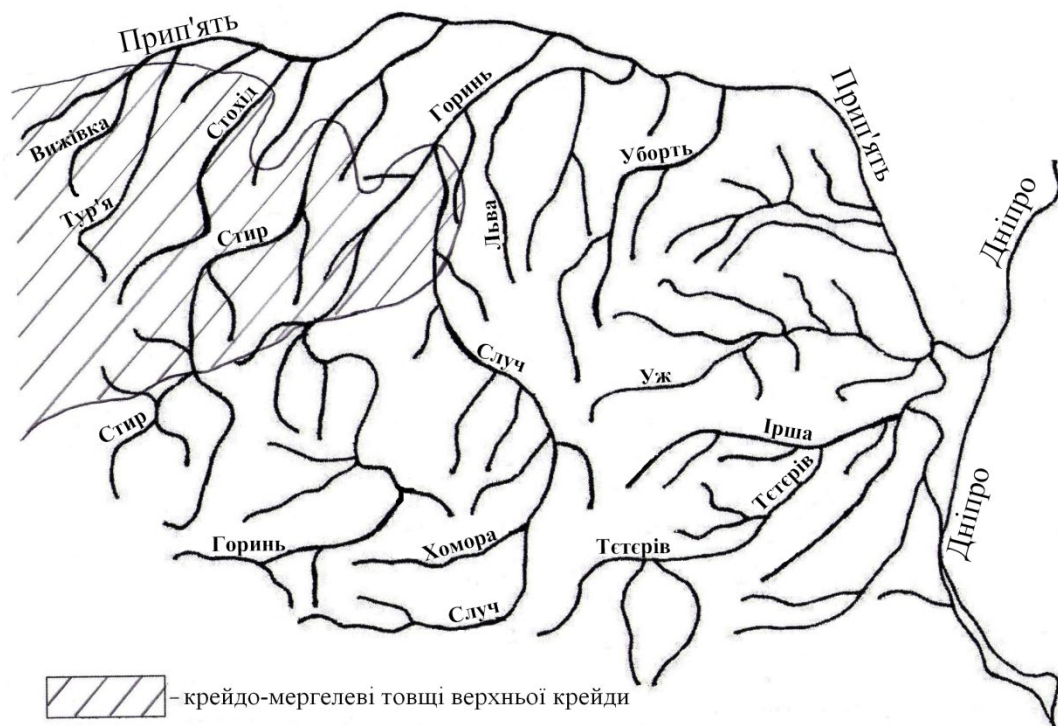


Рис. 1.2 - Схема карстового району в басейні р. Прип'ять

Інтенсивний розвиток карсту обумовлений, передусім, близьким заляганням від денної поверхні верхньокрейдяних відкладень, що карстуються, представлених білими мергелями і писальною крейдою. Увесь рельєф району визначається характером поверхні крейдяних відкладень – вона сильно денудирована, горбиста, закарстована і має загальний ухил на захід і північний захід.

Найбільш високі відмітки крейди спостерігаються в південній частині Волинського Полісся, на виступах крейдяних порід, що утворюють пагорби, розташовані в районі міст Ковель, Костопіль, сіл Маковичі, Береськ, Киселин та ін. Широкому розвитку карстових процесів і заболочуванню району сприяє значна обводненість його як поверхневими, так і підземними водами. Вона обумовлена слабким відтоком цих вод у зв'язку з незначним розчленуванням рельєфу при великій кількості атмосферних опадів і порівняно малих величинах випаровування.

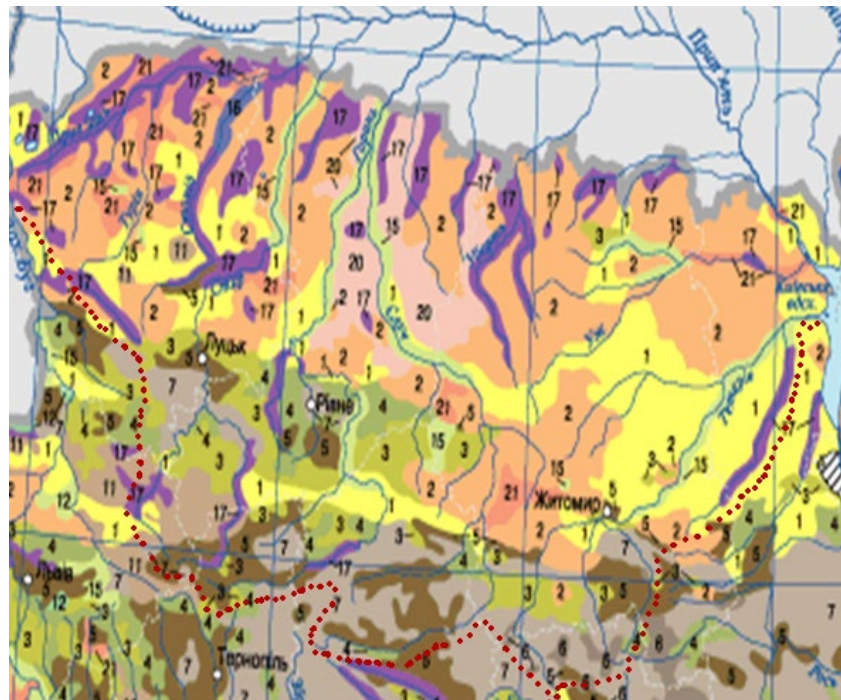
1.3 Ґрунти та рослинність

Басейн р. Прип'ять розташований в географічній зоні мішаних лісів (Українського Полісся), лісостеповій і широколистяно-лісових зонах. [3,7].

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. [8].

Басейн Прип'яті відрізняється розвитком дерново-підзолистих ґрунтів на супісках і пісках, рідкіше на суглинках. Значні площі тут займають також торф'яно-болотні ґрунти, менш поширені алювіально-лугові, які розміщені лише в долинах річок. У північних районах Волинської і Рівненської областей розташовані великі масиви болотних ґрунтів.

Особливо сильно заболочені долини в нижніх течіях річок Стохід, Стир, Случ, Уборть (рис. 1.3).



ТИПИ ҐРУНТІВ

1 Дерново-підзолисті	6 Чорноземи реградовані	11 Чорноземи і дернові карбо- натні та щебенюваті
2 Дерново-підзолисті оглеєні	7 Чорноземи типові	15 Лучні
3 Ясно-сірі та сірі опідзолені	8 Чорноземи звичайні	17 Торфово-болотні й торфовища
4 Темно-сірі опідзолені	9 Чорноземи південні	20 Дернові піщані
5 Чорноземи опідзолені	10 Чорноземи на важких глинах (переважно солонцюваті)	21 Дернові опідзолені

Рис. 1.3 - Схематична карта ґрунтів в басейні правобережжя р. Прип'ять [2]

Ґрунти Полісся відзначаються малою вологоємкістю і водночас високою водопроникністю, це може визначати можливість значного забруднення ґрунтових вод [8,9].

Лісостепову зону басейну Прип'яті покривають високоякісні ґрунти. Головною ґрунтоутворюючою породою в лісостеповій зоні є лес, але на незначній площі зустрічаються й інші породи, ґрунтовий покрив на яких якісно відрізняється від такого на лесах.

Ускладнило ґрунтовий покрив масове зрошування, яке призвело до появи повторно-гідроморфних, осолоділих, засолених, поверхнево-оглеєних та інших ґрунтів.

Характер і стан рослинного покриву мають дуже важливе значення для попередження розвитку процесів ерозії. Рослинність своїми коренями скріплює ґрунт, створює шорстку поверхню, механічно перешкоджаючи збільшенню швидкості стікаючої води і цим самим створює велику водопроникність [10].

У межах розглянутої території переважаюча роль належить сосновим і широколистяно-сосновим лісам, що обумовлено піщаною природою ґрунтів Полісся.

Ліси які розташовані уздовж гідрографічної мережі, мають важливе водозахисне і протиерозійне значення. Надмірний випас худоби в них призводить до злуговіння травостою або заболочування [11].

Ліси широколистяно-лісової зони, розміщені у басейні, мають антропогенне походження. Виникли вони на місці зведених лісів і осушених боліт. Розміщуються в заплавах і на вододілах річок.

Болота розподілені нерівномірно. Найбільша частина їх пов'язана з долинами річок, досить часто вони зустрічаються на вододілах, де займають безстічні і слабостічні улоговини. Величина окремих болотяних масивів різна. Нерідко вона дорівнює декільком тисячам гектарів, а іноді збільшується до десяти і більше тисяч га.

Гідрологічна роль боліт полягає в їх здатності активно акумулювати – затримувати воду, внаслідок чого вони мають велику вологемкість.

Болота приурочені до долин річок. Зрідка вони зустрічаються по ярах і улоговинах.

Переважаюча частина болотяної площі зайнята евтрофними болотами і тільки незначна їх частина, що знаходиться зазвичай по притерасних пониженнях надзаплавних терас, представлена мезотрофними болотами.

Нині в результаті гідротехнічної меліорації і торфозробок болота збереглися лише острівними ділянками [12].

1.4 Кліматичні умови

Територія, що розглядається перебуває під впливом повітряних мас, що надходять з Атлантики, Арктичного басейну або сформувалися над континентальними територіями Євразії [3].

Зимовий сезон, як і усе холодне півріччя, характеризується переважаною роллю циркуляційного чинника. Взимку дуже розвинена циклонічна діяльність; більшість циклонів переміщуються на описувану територію саме в цей сезон року.

Перехід до холодного періоду пов'язаний з початком вторгнення арктичного повітря, що обумовлює різкі та значні похолодання, перші морози і сніг. Повторюваність цих вторгнень і їх інтенсивність поступово збільшуються, досягаючи максимуму взимку.

У холодний період року найчастіше над басейном р. Прип'ять розташовується центральна частина відрогів підвищеного тиску, спрямованого з південного сходу Європейської території Росії або Північного Казахстану. У відрогах переважає малохмарна морозна погода.

Влітку вторгнення арктичного повітря майже повністю припиняється. Атмосферні процеси характеризуються посиленням Азорського антициклону.

Погодні умови літнього сезону відрізняються значним підвищенням температури за рахунок прогрівання земної поверхні, великою повторюваністю ясних днів, рідкісними туманами, збільшенням кількості опадів і активною грозовою діяльністю. За багаторічними даними, літні процеси тривають до середини серпня, потім характер циркуляції різко змінюється [13].

Впродовж осіннього сезону Азорський антициклон повністю руйнується. Замість нього в жовтні-листопаді починає розвиватися сибірський антициклон.

1.4.1 Температура повітря

У зимовий час на території басейну р. Прип'ять, істотний вплив на формування температурного режиму має атмосферна циркуляція. Західні і північно-західні райони басейну перебувають під впливом теплих повітряних мас з Атлантики. З просуванням на схід цей вплив слабшає, а посилюється вплив внутрішньоматерикових повітряних мас. Східні і північно-східні райони перебувають під впливом східного антициклону. Часті вторгнення арктичних мас повітря, з якими пов'язані найбільш низькі температури. Починаючи з березня, температура повітря, незважаючи на неодноразові пониження починає зростати, спочатку повільно, а потім інтенсивніше, досягаючи найбільших значень в період з квітня по травень.

Для літа характерні слаборозвинені зони підвищеного і зниженого тиску. При таких процесах тривалий час утримується суха погода з інтенсивним підвищенням температури. Області низького тиску представлені слабо вираженими циклонами та улоговинами. Послаблення циклонічної діяльності обумовлює зменшення мінливості температури.

Атмосферна волога, її фазовий стан і вологообіг відіграють важливу роль у формуванні клімату. На випаровування води витрачається приблизно 30 % поглиненої підстильної поверхні сонячного тепла, яке під час конденсації водяної пари в атмосфері віддається повітрю. Зміст водяної пари сильно змінюється залежно від циркуляційних процесів, фізико-географічних умов місцевості, сезону року, стану ґрунту та інших чинників.

Важливою характеристикою повітря є його відносна вологість, яка визначає міру насичення повітря водяними парами .

1.4.2 Опади

Основною особливістю просторового розподілу опадів в межах басейну Прип'яті, обумовленої загальними циркуляційними чинниками, є зменшення їх з півночі та південного заходу в напрямі на захід і схід [14].

Деяке збільшення кількості опадів простежується з переходом до більш високих абсолютних відміток поверхні.

Більша частина опадів (400-450 мм) випадає в теплий період року (квітень-жовтень). Максимальна їх кількість припадає на червень і липень, коли спостерігаються затяжні дощі, а в окремі дні – і зливи. Майже половина днів в році буває з опадами.

На території басейну сніговий покрив розподіляється нерівномірно. Найбільша тривалість періоду з сніговим покривом і найбільша висота його відзначаються на півночі і північному сході.

Руйнування стійкого снігового покриву відбувається в різний час. З середини лютого починається швидкий схід снігового покриву на півдні басейну. В середньому по басейну цей процес запізнюється майже на місяць і відбувається у кінці березня.

1.5 Гідрологічна вивченість

Гідрографія правобережної частини басейну р. Прип'ять – це звивисті, спокійні, зарослі річки і безліч меліоративних каналів, випрямлених річок, а також різних водойм природного і штучного походження та боліт.

У розглянутій частині басейну р. Прип'ять має 12 приток, довжина їх знаходиться у межах від 10 км до 409 км.

Що стосується основних приток р. Прип'ять, то найбільшими з них є Горинь, Стир. Значна частина водозборів цих приток повністю знаходиться на території України і лише такі з них, як Стир, Горинь мають статус трансграничних. Гідрографічні характеристики основних водозборів річок басейну Прип'яті приведені у додатку А.

Аналіз показників озерності, заболоченості і лісистості у басейні Прип'яті свідчить про їх значну диференціацію. Виключення тут становить озерність, яка в усіх випадках не перевищує 1 %. Величина заболоченості змінюється в широких межах – від 1 % до 16 % площі водозборів. Найбільш заболоченими є басейни річок Прип'ять і Радоставка (16%,12%). Найменша

величина заболоченості характерна для басейнів річок Горинь, Хомора, Тня, (1 %), Іква (<1 %).

Поширення площ, зайнятих лісами, має ще більшу диференціацію і коливається в межах 3-35 %. Найбільші величини залісеності басейнів характерні для річок Стохід (35%) та Смолка (30%), мінімальні її показники – для річок Случ (3 %) і Горинь (4 %).

Розораність зростає з півночі на південь і найбільших значень досягає в басейні р. Случ – с. Громада (80 %).

В цілому аналіз гідрографічної мережі басейну Прип'яті свідчить про її достатній розвиток.

В межах досліджуваної території знаходиться 26 гідрологічних поста та 1 ГЕС (р.Іква – Млинівська ГЕС), на яких ведуться спостереження за річним стоком (рис. 1.4).

Вони охоплюють водозбірні площі від 141 км² (р. Виживка – с. Руда) до 10900 км² (р. Стир – с.Млинок). Найбільш тривалі ряди спостережень за характеристиками річного стоку відносяться до річок : Стир – м. Луцьк (71років), Горинь – с. Оженін , Тня – с. Броніки (70 років).

Розподіл гідрологічних постів по тривалості спостережень і за величиною водозбірних площ наведені у додатку Б.

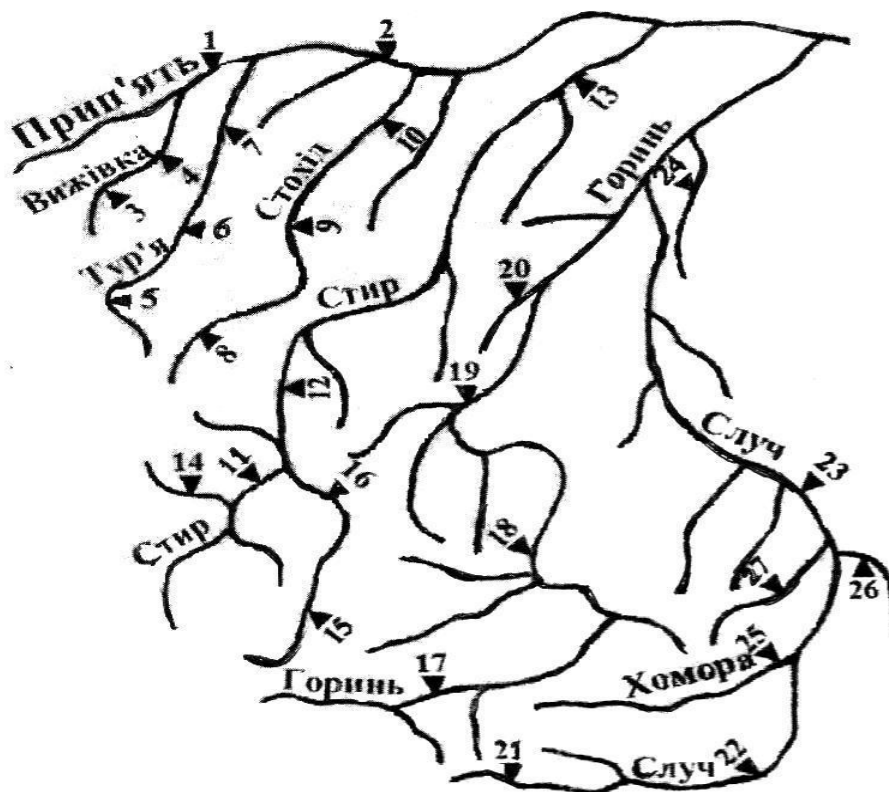


Рисунок 1.4 - Схематична карта розміщення гідрологічних постів в українській частині басейну р. Прип'ять

1.6 Водний режим річок

Водний режим річок української частини басейну р. Прип'ять визначається їх живленням, яке залежно від сезону року може бути сніговим, дощовим і підземним. Живлення часто носить змішаний характер з переважаючим значенням того або іншого виду [3].

У весняний період річки басейну мають змішане живлення, яке включає снігове, дощове і підземне, в межень (літньо-осінню і зимову) – переважає підземне живлення, в період осінніх паводків – дощове і підземне.

Живлення річок в періоди літньо-осінньої та зимової межени забезпечується за рахунок дренажу підземних вод.

Літньо-осіння межень періодично порушується дощовими паводками. У цих випадках різко збільшується водність річки за рахунок дощового живлення.

Для приток Прип'яті найбільш багатоводною фазою в розрізі року є весняна повінь, на яку припадає в середньому 61 % річного стоку. Частка літньо-осіннього стоку в річному становить приблизно 23 %, зимового – приблизно 16 %. На Прип'яті воно починається в першій половині березня, але в окремі роки може зміщуватися на лютий або квітень.

Пік водопілля на переважаючому числі річок припадає на кінець березня - початок квітня.

У більшості випадків (понад 70 %) максимальні річні витрати води на річках регіону фіксуються навесні, при проходженні піку весняного водопілля.

Формування дощового стоку відбувається в результаті взаємодії метеорологічних чинників, що обумовлюють характер випадання зливових опадів (інтенсивність, тривалість, площу зрошування)

і фізико-географічних характеристик поверхні річкових водозборів, що визначають величину втрат вологи на інфільтрацію, швидкість і час добігання її по схилах і руслі.

У басейні р. Прип'ять часто випадають обложні дощі з інтенсивною зливовою частиною, які зрошують великі території. Дощові опади зливового характеру зазвичай випадають в червні-серпні, максимум їх спостерігається в липні.

Паводки виникають нерегулярно. Часті щорічні відлиги у басейні р. Прип'ять нерідко призводять до зимових паводків, які яскраво виражені на малих

2. МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ СТАТИСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СТОКУ

2.1 Метод моментів

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

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

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

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

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

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

$$\alpha_1 = m_x = \sum_{i=1}^n x_i p_i \quad (2.3)$$

Центральним моментом дискретних випадкових величин називається математичне очікування

$$\beta_s = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^s p_i}{n} \quad (2.4)$$

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

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

При $s=1$

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

тобто перший центральний момент дорівнює нулю.

При $s = 2$

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

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:

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

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

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

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

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

При $s=3$

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

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 $\beta_3=0$, то крива стає симетричною.

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

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

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

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

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

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

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.

2.2 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. Блохінєв запропонував спочатку обчислювати статистики:

$$\lambda_1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; \quad (2.15)$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lg K_i; \quad (2.16)$$

$$\lambda_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_i \lg K_i. \quad (2.17)$$

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 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

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

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

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

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.

Для статистичних сукупностей з наявністю внутрішньорядних зв'язків:

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

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

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

Якщо коефіцієнти варіації встановлюються за допомогою метода найбільшої правдоподібності, то

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

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).

2.4 Статистична обробка часових рядів річного стоку в басейні р. Прип'ять

Основні статистичні характеристики часових рядів річного стоку – середні значення $\bar{q}_{cp}$, коефіцієнти варіації C_v , асиметрії C_s і співвідношення C_s / C_v обчислювалися за даними 27 гідрологічних постів у басейні р. Прип'ять (з початку спостережень по 2015 рік включно) за допомогою методів моментів і найбільшої правдоподібності [15].

По результатам статистичної обробки часових рядів отримані практично однакові значення коефіцієнтів варіації, розрахованих за методом моментів і найбільшої правдоподібності. Діапазон коливань C_v знаходиться в межах від 0,22 (р. Горинь – смт. Ямпіль) до 0,68 (р. Тур'я – с. Бузаки). Це свідчить про те, що для басейну р. Прип'ять характерна висока ступень мінливості у рядах середньорічних модулів стоку.

У широких межах змінюються коефіцієнти асиметрії C_s , розраховані за методом моментів - від 0,32 (р. Прип'ять - с. Люб'язь) до 2,5 (р. Прип'ять - с. Річиця). У методі найбільшої правдоподібності коефіцієнти асиметрії C_s нормовані за їх співвідношенням з C_v . В середньому у межах досліджуваної території знаходиться на рівні $C_s = 2,2 C_v$.

Результати розрахунку статистичних параметрів часових рядів річного стоку для басейну р. Прип'ять наведені у табл. 2.1.

Мірою точності є середня квадратична похибка. Точність визначення параметрів статистичного розподілу виконувалась за формулами (2.18) для n – річних середніх та (2.20) для коефіцієнтів варіації. Результати визначення представлені у табл. 2.2.

Значення $\sigma_{\bar{q}}$ в середньому дорівнює 5,94%, а коефіцієнтів варіації в середньому $\sigma_{C_v} = 10,7\%$.

Ці результати задовольняють вимогам нормативного документа СНіП 2.01.14-83.

Таблиця 2.1 - Результати розрахунку статистичних параметрів річного стоку в басейні р.Прип'ять

№ п/п	Річка - пост	F , км^2	п, рок и	$\bar{q}_{cp}$, $\text{л}/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$	Метод моментів		Метод найб.правдоп.		$\sigma_{\bar{q}}$
					C_v	C_s	C_v	C_s / C_v	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	р.Прип'ять – с. Річиця	2210	54	3,8	0,65	2,5	0,67	4,9	3,20
2	р.Прип'ять – с. Люб'язь	6100	53	2,1	0,5	0,32	0,5	0,7	3,51
3	р.Вижівка – с. Руда	141	70	4,3	0,54	1,06	0,54	2,1	4,52
4	р.Вижівка – смт. Стара Вижівка	722	68	3,6	0,44	0,76	0,44	1,8	3,50
5	р.Тур'я – с. Ягідне	502	68	2,9	0,47	1,04	0,47	2,4	5,67
6	р.Тур'я – м. Ковель	1480	69	2,7	0,51	1,2	0,51	2,5	2,71
7	р.Тур'я – с. Бузаки	2630	27	4,0	0,67	1,05	0,68	1,8	3,11
8	р.Стохід – с. Малинівка	692	62	2,9	0,51	0,9	0,51	1,9	3,41
9	р.Стохід – с. Гулівка	1420	29	3,9	0,65	0,88	0,66	1,5	3,20
10	р.Стохід – смт. Любешів	2970	55	3,8	0,36	0,83	0,36	2,4	3,51
11	р.Стир – с. Щурівці	2020	60	5,5	0,36	0,79	0,36	2,3	4,52
12	р.Стир – м. Луцьк	7200	71	4,4	0,27	0,42	0,27	1,6	3,50
13	р.Стир – с. Млинок	10900	55	3,9	0,27	0,72	0,26	2,9	5,67
14	р.Радоставка – с. Трійця	316	60	5,9	0,35	0,76	0,35	2,2	2,71
15	р.Іква – с. Вел. Млинівка	632	47	5,3	0,24	0,28	0,24	1,3	3,11
16	р.Іква – Млинівська ГЕС	1960	28	4,1	0,3	1,85	0,3	8,6	3,41
17	р.Горинь – смт. Ямпіль	1400	66	4,6	0,22	0,01	0,22	0,3	3,20
18	р.Горинь – с. Оженін	5860	70	4,2	0,26	0,44	0,26	1,7	3,51
19	р.Горинь – с. Деражне	9160	58	4,4	0,26	0,55	0,26	2,2	4,52

2.5 Аналіз однорідності часових рядів річного стоку

Ряди випадкових величин X та U є статистичне однорідними, якщо вони належать до однієї і тієї ж генеральної сукупності, або інакше кажучи, підлягають одному і тому ж закону розподілу з одними і тими ж статистичними параметрами.

Рішення задачі про перевірку рядів на статистичну однорідність зводиться до перевірки статистичної гіпотези, логічна схема якої має такий вигляд:

- Висунення нульової гіпотези H_0 . За нульову гіпотезу приймається припущення, що ряди X та U статистично однорідні. Протилежне за змістом припущення є альтернативною гіпотезою.

- Статистичне рішення, що приймається на підставі обмежених даних, може бути помилковим, тому назначають рівень значущості α - малу ймовірність помилки першого роду, тобто ймовірність неприйняття нульової гіпотези. Вибір рівня значущості узгоджується з щільністю вихідних даних. Отже, якщо в гідрології точність вимірювань у більшості випадків не перевищує 5%, то і використання рівня значущості, меншого за 5%, вважається недоцільним.

- Задаються певні функції від результатів спостережень. Ці функції (критерії) повинні бути випадковими величинами і підлягати певному добре відомому у математиці закону розподілу з щільністю $F(y)$. Цією функцією визначається міра розходження вибірових даних по ряду X та ряду U . Критерії однорідності мають дати відповідь на запитання наскільки статистично значуща різниця між розподілами двох рядів X та U . Границя між суттєвою та несуттєвою різницею визначається рівнем значущості α . Використовуючи криву розподілу ймовірностей випадкової величини U та рівень значущості α , можна виділити критичну область:

правосторонню

$$P(y > y_1(kp.1)) = a \quad (2.22)$$

лівосторонню

$$P(y < y_1(kp.k)) = a \quad (2.23)$$

двосторонню симетричну область

$$P(y < y_1(kp.2)) + P(y > y_1(kp.k)) = a \quad (2.24)$$

двосторонню симетричну область

$$P(y > y_1(kp.k)) = a / 2 \quad (2.25)$$

Якщо розраховане значення критерію належить критичній області, нульова гіпотеза відкидається.

У математичній статистиці дуже добре розроблений апарат перевірки гіпотези про статистичну однорідність двох рядів X та Y , і підлягають нормальному закону розподілу. У цьому випадку використовуються параметричні критерії Фішера – Снедекора та Стьюдента t . Але ряди стоку найчастіше описуються теоретичними законами розподілу, відмінними від нормального. Саме тому у гідрологічних розрахунках широко застосовуються непараметричні критерії, засновані і порівняні безпосередньо емпіричних кривих розподілу.

Слід відзначити, що аналіз статистичної однорідності одного стокового ряду виконується у тих випадках, коли на водозборі відбувається зміна умов формування стоку або зміна умов стікання води у руслі. Причиною таких змін найчастіше бувають водогосподарські перетворення на водозборі (регулювання стоку штучними водоймищами, перекид стоку з одного водозбору до іншого. Інтенсивні забори води на зрошення або, навпаки, скидання відпрацьованих ґрунтових вод у русло тощо). Для аналізу на

статистичну однорідність вихідний ряд розбивається на дві вибірки: X –до початку інтенсивних перетворень на водозборі, Y – після початку інтенсивних перетворень. Дату, починаючи з якої антропогенний вплив стає значущим, можна визначити з якісного описування ситуацій, що складаються на водозборах. Таке описування наводиться у «Гідрологічних щорічниках». В останні рейси для окремих водозборів можна знайти і кількісні показники забору чи скидання води в русло річки. Іноді час, з якого почалося водогосподарське засвоєння водозбору встановлюється з хронологічного графіка стоку. При відсутності будь-якої інформації про використання поверхневих і підземних вод вихідний ряд ділиться на дві вибірки однакової довжини.

2.6 Визначення однорідності за параметричними критеріями (Фішера і Стьюдента)

Якщо випадкова величина підлягає нормальному закону розподілу, то для характеристики особливостей цього розподілу достатньо мати два статистичних параметри: середнє арифметичне значення та дисперсію. 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 з цих гіпотез не приймається, то викидається 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 ν_1 та ν_2 , де $\nu_1 = m - 1$ $\nu_2 = n - 1$ – довжина вибірки X , а n - довжина вибірки Y . Тоді розподіл випадкової величини може бути описаний законом Фішера – Снедекора.

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 $F_{кр} = \varphi(a, v_1, v_2)$.

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 також нормально розподілені. Звідси виходить, що випадкова величина $u = x - y$ теж нормально розподілена.

Оскільки σ_x^2 та σ_y^2 підлягають - розподілу, то випадкова величина

$$U = (m-1)\sigma_x^2 + (n-1)\sigma_y^2 \quad (2.26)$$

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

Тоді випадкова величина

$$t = \frac{|x - y|}{\sqrt{\frac{(m-1)\sigma_x^2 + (n-1)\sigma_y^2}{m+n-2} \cdot \frac{1}{m}}} \quad (2.27)$$

має розподіл, який може бути описаний розподілом Стюдента з параметром $V = m + n - 2$. Гіпотеза H_0 про незначущість різниці між середніми арифметичними значеннями перевіряється шляхом порівняння розрахованого критерію t з критичним $t_{кр}(a, v)$ - за допомогою таблиці. Нульова гіпотеза приймається, коли $t < t_{кр}(a, v)$.

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

роботах А.В. Рождественського зроблена спроба застосувати критерії Стюдента та Фішера до рядів стоку з розподілом Пірсона III. Коли йдеться про перевірку двох вибірок з одного ряду, критичні значення критерію Стюдента коректуються поправочним множником C_t , що залежить від коефіцієнту автокореляції $r(1)$.

$$t_{кр} = C_t \cdot t_{кр}(a, v) \quad (2.28)$$

Коли ж виконується аналіз статистичної однорідності двох окремих кореляційно пов'язаних рядів стоку, то поправочний множник C_t береться в залежності від коефіцієнта кореляції R . Для критерію Фішера розроблено спеціальні таблиці, де також ураховується просторовий або часовий зв'язок

2.7 Аналіз однорідності з використанням непараметричних критеріїв (Вілкоксона)

Дуже часто ряд випадкових величин підпорядковуються законам розподілу, що відрізняються від нормального закону. В такому випадку для перевірки гіпотези H_0 про однорідність рядів таких випадкових величин застосовується непараметричний критерій Вілкоксона.

Якщо будь-якому значенню x у загальній послідовності передую деяке значення y , то кажуть, що ця пара утворює інверсію. Позначимо сумарну кількість інверсій через U .

Відомо, що в однорідних рядах, кожний з котрих має не менше 10 членів, число інверсій розподіляється приблизно за нормальним законом з параметрами:

$$m_i = m \cdot n/2, \quad (2.29)$$

де n і m – кількість членів у першій і другій вибірках.

Для перевірки даної гіпотези необхідно знайти межі допустимих значень U , що відділяють область прийняття гіпотези H_0 від критичної

області, яка, як зрозуміло, є двосторонньою. Якщо значення критерію, що отримане за даними спостережень, припадає до області прийняття гіпотези, то гіпотеза H_0 на цьому рівні значущості не відхиляється. У протилежному випадку приймається альтернативна гіпотеза H_1 .

Область прийняття гіпотези H_0 визначається виразом:

$$m\bar{u} - t_{кр}(a, v)\sigma_u < U < m\bar{u} + t_{кр}(a, v)\sigma_u, \quad (2.30)$$

а критична – нерівностями:

$$U_{кр}1 < m\bar{u} - t_{кр}(a, v)\sigma_u \quad (2.31)$$

$$U_{кр}1 > m\bar{u} + t_{кр}(a, v)\sigma_u \quad (2.32)$$

де σ_u - середній квадратичний відхил числа інверсій;

$t_{кр}(a, v)$ - критерій Стюдента для рівня значущості a і числа степенів вільності $v = m + n - 2$.

2.8 Аналіз однорідності часових рядів річного стоку в басейні

р.Прип'ять

Ряди спостережень за річним стоком у деяких випадках можуть виявитися неоднорідними як у часі, так і у просторі. Тому, перш ніж приступити до визначення норми річного стоку, слід перевірити усі досліджувані часові ряди на однорідність.

В басейні р. Прип'ять перевірка на однорідність часових рядів річного стоку була виконана за критеріями Фішера, Стюдента та Вілкоксона. Результати наведені у табл. 2.3 Неоднорідними виявились вісім постів (р.Прип'ять – с. Річиця, р.Тур'я – с. Ягідне, р. Іква – Млинівська ГЕС, р.Горинь – с. Оженін, р. Горинь – с. Деражне, р. Вирка – с. Сварині, р. Случ – с. В. Клітна, р. Случ – с. Громада,).

З вихідних даних не можна зробити однозначних висновків стосовно причин такої неоднорідності. Відомо, що на р. Іква – Млинівська ГЕС була побудована електростанція, яка могла вплинути на порушення однорідності

часового ряду річного стоку, але слід встановити причину неоднорідності і у інших часових рядах розглянутого басейну.

Для аналізу по постах, які виявились неоднорідними були побудовані графіки тренду. Графіки тренду представлені у додатку В.

На підставі аналізу цих графіків можна зробити висновок, що наявні тренди на постах р. Прип'ять – с. Річиця, р. Тур'я – с. Ягідне і р. Горинь – с. Деражне, мало виражені, але слід відзначити, що інші графіки мають чітко виражені тренди. На деяких постах відзначена тенденція до зменшення водності при зростанні років, а на деяких навпаки, до збільшення. Це пов'язане з коливальними процесами.

При розрахунках річного стоку звертається увага на питання досліджування циклічності коливань стоку річок, наслідки впливу антропогенних чинників, тому у першу чергу необхідно керуватись аналізом циклічності в басейні р. Прип'ять.

Таблиця 2.3 – Перевірка часових рядів річного стоку на однорідність в басейні р. Прип'ять за критеріями Фішера, Ст'юдента і Вілкоксона

№ п/п	Річка – пост	n, років	Рівень значущості	Критерій Фішера		Висновок	Критерій Ст'юдента		Висновок	Критерій Віллко- сона	Загал- льний висно- вок
				F	F _{кр}		t	t _{кр}			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	р.Прип'ять – с. Річиця	54	5%	6,0	2,2	Неодн.	1,35	2,0	Одн.	Одн.	Неодн
2	р.Прип'ять – с. Люб'язь	53	5%	1,1	2,2	Одн.	1,8	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
3	р.Вижівка – с. Руда	70	5%	1,7	2,0	Одн.	1,9	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
4	р.Вижівка – смт. Стара Вижівка	68	5%	1,8	2,0	Одн.	1,9	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
5	р.Тур'я – с. Ягідне	68	5%	2,2	2,0	Неодн.	0,4	2,0	Одн.	Одн.	Неодн
6	р.Тур'я – м. Ковель	69	5%	1,1	2,0	Одн.	0,3	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
7	р.Тур'я – с. Бузаки	27	5%	1,2	3,5	Одн.	0,3	2,1	Одн.	Одн.	Одн.
8	р.Стохід – с. Малинівка	62	5%	1,1	2,1	Одн.	1,4	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
9	р.Стохід – с. Гулівка	29	5%	1,0	3,4	Одн.	0,8	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
10	р.Стохід – смт. Любешів	55	5%	1,6	2,2	Одн.	1,0	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
11	р.Стир – с. Щурівці	60	5%	1,5	2,1	Одн.	0,8	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
12	р.Стир – м. Луцьк	71	5%	1,0	2,0	Одн.	0,2	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
13	р.Стир – с. Млинок	55	5%	1,4	2,2	Одн.	0,3	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
14	р.Радоставка – с. Трійця	60	5%	1,2	2,1	Одн.	0,4	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
15	р.Іква – с. Вел. Млинівка	47	5%	1,5	2,4	Одн.	1,8	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
16	р.Іква – Млинівська ГЕС	28	5%	2,2	3,5	Одн.	2,9	2,0	Неодн.	Неодн.	Неодн

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
17	р.Горинь – смт. Ямпіль	66	5%	1,0	2,1	Одн.	1,4	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
18	р.Горинь – с. Оженін	70	5%	2,1	2,0	Неодн.	0,4	2,0	Одн.	Одн.	Неодн.
19	р.Горинь – с. Деражне	58	5%	2,4	2,1	Неодн.	1,6	2,0	Одн.	Одн.	Неодн.
20	р.Вирка – с. Сварині	69	5%	2,1	2,0	Неодн.	1,4	1,9	Одн.	Одн.	Неодн.
21	р.Случ – с. В. Клітна	29	5%	1,4	3,4	Одн.	3,7	2,0	Неодн.	Неодн.	Неодн.
22	р.Случ – с. Громада	53	5%	2,4	2,2	Неодн.	3,3	2,0	Неодн.	Неодн.	Неодн.
23	р.Случ – м. Новоград- Волинський	41	5%	1,7	2,7	Одн.	1,1	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
24	р.Случ – м. Сарни	70	5%	1,0	2,0	Одн.	1,2	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
25	р.Хомора – смт. Понінка	34	5%	1,1	3,2	Одн.	1,6	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
26	р.Тня – с. Броніки	70	5%	1,6	2,0	Одн.	0,1	2,0	Одн.	Одн.	Одн.
27	р.Смолка – с. Сусли	64	5%	1,0	2,1	Одн.	0,4	2,0	Одн.	Одн.	Одн.

3. НОРМА РІЧНОГО СТОКУ І МЕТОДИ ОБЧИСЛЕННЯ

3.1 Поняття норми річного стоку

Важливою характеристикою стоку будь-якої річки є його середнє значення за багаторічний період – норма річного стоку.

Нормою стоку визначається його середня величина за багаторічний період з незмінними ландшафтно-географічними умовами, які відносяться до сучасної геологічної епохи та однаковим рівнем господарської діяльності в басейні, будь якої річки.

Значення норми стоку визначається у вигляді середньорічних витрат води Q_m^3 /с, як середній річний об'єм стоку W у m^3 або km^3 , середній річний модуль стоку q у $л/с.км^2$, середній річний шар стоку Y_{cp} у мм, віднесений до площі водозбору F .

Кліматичні умови на поверхні земної кулі характеризуються періодичними змінами. Ці коливання мають циклічний характер6 вологі цикли чергуються з посушливими, а на зміну їм знову приходять вологі. Крім циклічних коливань стоку, які викликані циклічними коливаннями кліматичних чинників, зміни стоку обумовлюються і господарською діяльністю людини. Тому при встановленні норми річного стоку потрібно враховувати закономірність у вигляді угруповань багатоводних або маловодних років різної тривалості і до розрахункового періоду внести однакову кількість замкнених циклів (багатоводних та маловодних груп водності). Багаторічний ряд спостережень, за яким визначається норма стоку, повинен включати не менш двох повних циклів коливань водності. Один цикл водності складається з двох фаз – багатоводної та маловодної.

Тривалість періоду спостережень за стоком річки є достатньою для встановлення розрахункового значення середнього річного стоку (норми), якщо цей період є репрезентативним (представницьким) та відносна середня квадратична похибка $\sigma_{\bar{Q}}$ не перевищує 10% [17].

3.2. Методи визначення циклічності

Оскільки коливання в гідрологічних рядах просліджується дуже слабо і здійснюється на фоні різних флуктуацій, важко буває виділити не тільки тривалість окремих угруповань, а й їх амплітуду. Виникає необхідність усунути «шум», пов'язаний з випадковим коливанням річного стоку за суміжні роки, і записати лише інформацію про багаторічну мінливість. Для цього використовують згладжування емпіричних даних, тобто заміну таблиці вихідних величин іншою таблицею близьких до них точок, які розміщені на доволі гладкій кривій. Згладжування виконується за допомогою многочленів. Оскільки найкраще згладжування спостерігається для середніх точок (коли враховується інформація про поведінку функції з обох боків від залежної точки), то кількість точок для згладжування береться непарною, а групи точок – змінними за всією таблицею. Беруть, наприклад, перші три точки Q_1, Q_2, Q_3 і згладжують за допомогою їх середню точку Q_2 , потім беруть подальшу групу точок Q_2, Q_3, Q_4 і згладжують точку Q_3 та ін. [18]. До кінця таблиці даних. Для таблиць зі сталим кроком згладжування найпростішим є многочлен першого ступеня:

$$\tilde{Q}_i = \frac{1}{T} \sum_{k=-\frac{T-1}{2}}^{\frac{T-1}{2}} Q_{i+k}, \quad (3.1)$$

де $\tilde{Q}_i$ - згладжуване значення i -того порядку ($i=1, 2, 3, \dots, n$);

T - інтервал згладжування.

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

$$\tilde{Q}q_1 = \frac{1}{6}(5Q_1 + 2Q_2 - Q_3) \quad (3.2)$$

$$q\tilde{Q}_n = \frac{1}{6}(5Q_n + 2Q_{n-1} - Q_{n-2}) \quad (3.3)$$

У відхиленнях модульних коефіцієнтів від одиниці будуються різницеві інтегральні криві відхилень річних величин стоку від їх середнього значення, а саме послідовно підсумовують відхилення на протязі усього хронологічного ряду.

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

$$\sum_{i=1}^t (k_i - 1) = f(t) \quad (3.4)$$

Коли об'єднуюча пряма лінія інтегральної кривої відхиляється вгору відносно осі абсцис та значення $(k_i - 1)_{сер}$ є додатним, то цей період часу уявляє собою багатоводну фазу коливань стоку.

Маловодна фаза – період, для якого об'єднуюча лінія нахилена вниз та $(k_i - 1)_{сер}$ має від'ємне значення.

3.3 Аналіз циклічності в басейні р. Прип'ять

Часові ряди, при встановленні норми річного стоку, мають деяку закономірність у вигляді групування багатоводних або маловодних років різної тривалості, тому по всіх постах басейну р. Прип'ять були побудовані різницеві інтегральні криві $\sum (k_i - 1) = f(T)$, які наведені у додатку Г.

Коливання річного стоку характеризуються циклічністю. Для визначення циклічності на розглянутій території, для більшої наочності, різницеві інтегральні криві представлені сумісно по декілька гідрологічних постів на одному аркуші.

Аналізуючи ці криві, можна зробити висновок, що вони утворюють замкнуті цикли коливань водності і визначається їх схожість.

Всі наявні ряди спостережень можуть бути використані для визначення і узагальнення норми річного стоку на досліджуваній території.

3.4 Обчислення норми річного стоку при коротких рядах спостережень

Короткими вважають всі ряди, які не задовольняють принцип репрезентативності та точності ($\pm 10\%$). Відповідно до СНіП 2.10.14-83 приведення статистичних параметрів розподілу до багаторічного періоду здійснюється за допомогою парної або множинної регресії за таких умов: $n' \geq 10, r \geq 7$ та $k / \sigma_k \geq 2$, де n' - число років спільних спостережень; r - коефіцієнт кореляції між величинами гідрологічних характеристик досліджуваної річки та річки-аналога; k - коефіцієнт регресії; σ_k - середня квадратична похибка коефіцієнта регресії [18].

Ідея цього методу приведення параметрів розподілу основана на синхроністі коливань річного стоку на близьких водозборах, що зумовлено однорідністю ландшафтних умов формування стоку. Нормативним документом рекомендується виконувати приведення параметрів коротких рядів послідовно за деякими рівняннями регресії в порядку зменшення парного або множинного коефіцієнтів кореляції.

3.5 Визначення норми річного стоку за відсутністю гідрометричних вимірювань

За відсутності систематичних вимірювань стоку і відповідно часових рядів норма стоку визначається непрямими методами. Найпоширеніші карти норми річного стоку (модуля або шару). Будуються карти за даними вивчених річок.

Враховуючи істотний вплив на річковий стік місцевих та антропогенних факторів, при складанні карт використовують мільки ті матеріали, які відносяться до середніх площ водозборів.

Принципова можливість побудови карт норми річного стоку впливає безпосередньо з рівняння водного балансу [17]. Складові правої частини рівняння опади $\bar{X}$ та випаровування $\bar{E}$ взагалі мають загальний розподіл за

територією. За винятком гірських районів, де широтна закономірність змінюється висотною. В силу зональної зміни за територією складових балансів рівняння, тій же закономірності безперервної та планової зміни підлягає і стік $\bar{Y}$. На відміну від метеорологічних величин, які належать до тієї точки простору в якій вони виміряні, стокові величини мають інтегральний характер. Вони відносяться не до місця вимірювання стоку. А до центра ваги водозбору (створу). У простішому випадку центр ваги розміщено як точка перетину великої та малої осі водозбору. Під час складання карт саме так відносять норми, а в разі їх визначення за картами їх установлюють для геометричного центра водозбору

4. ЧИННИКИ РІЧНОГО СТОКУ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ НОРМИ СТОКУ В БАСЕЙНІ Р. ПРИП'ЯТЬ

Річковий стік є функцією комплексу умов, які складають географічний ландшафт. Співвідношення впливу різних елементів ландшафту (кліматичних та підстильної поверхні) на стік залежить як від характеру водотоку та його географічного положення, так і від характеристики стоку, о який йде мова та періоду осереднення [18].

Фактори підстильної поверхні (грунти, рельєф, озера, болота, розмір басейну) впливають на середній стік лише остільки, оскільки вони впливають на опади та випаровування, що і впливає з рівняння балансу вологи.

Ліс у результаті розпушуючої дії коренів, а також дії лісової підстилки суттєво змінює водно-фізичні властивості ґрунтів, а саме не збільшує їх загальну діючу скаженість та водопроникність [19].

Просторове узагальнення норми річного стоку може бути у вигляді карт ізоліній для річок, на яких не велись спостереження за стоком. Також за відсутністю спостережень норму стоку можна визначити на підставі регіональних залежностей від фізико-географічних факторів.

Для невивчених річок норма річного стоку найчастіше визначається за допомогою карт з відповідними ізолініями в (л/с·км²) або мм.

Завершальним етапом виконаної роботи є просторове узагальнення норми річного стоку досліджуваного району

4.1 Удосконалення розрахунку норми річного стоку по басейну р. Прип'ять

На значення норми річного стоку можуть впливати такі фактори, як широта, висота водозборів та місцеві фактори. Внаслідок цього були побудовані залежності середньорічних модулів стоку від широти геометричних центрів водозборів та лісистості.

З цією метою на основі табл. 4.1 була побудована залежність $\bar{q} = f(\varphi^\square)$, яка показана на рис. 4.1.

Як видно з рис. 4.1 норма річного стоку підкорюється чіткій широтній закономірності, коефіцієнт кореляції $r=0,48$ і є вельма значний:

$$\bar{q} = 39,9 - 0,71(\varphi^\square - 51)\bar{q}. \quad (4.1)$$

Залежність, яку отримано дозволяє всі дані привести до однієї широти, 51° пн. ш., а саме

$$\bar{q}_{\varphi=51} = \bar{q} - 0,71(\varphi^\square - 51), \quad (4.2)$$

де $\bar{q}_{\varphi=51}$ $\bar{q}_{\varphi=51}$ - приведені до широти 51° пн.ш. значення норми річного стоку.

Приведені до однієї широти дані використані для побудови залежності $\bar{q}_{\varphi=51} = lg(f_l + 1)$, коефіцієнт кореляції $r=0,28$ є мало значний (рис. 4.2).

В результаті, враховуючи виражену залежність $\bar{q}$ від $\varphi^\square$ пн.ш., побудована карто-схема ізоліній норми річного стоку, рис. 4.3.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для побудови залежності середньої величини річного стоку від залісеності та широтного положення водозборів в басейні р. Прип'ять

№ за картою	Річка - пост	$\bar{q}$, л/(с·км ²)	f_L , %	$lg(f_L + 1)$	φ п.ш.
1	р.Прип'ять – с. Річиця	3,8	17	1,26	51,46
2	р.Прип'ять – с. Люб'язь	2,1	26	1,43	51,33
3	р.Вижівка – с. Руда	4,3	16	1,23	51,20
4	р.Вижівка – смт. Стара Вижівка	3,6	21	1,34	51,30
5	р.Тур'я – с. Ягідне	2,9	18	1,28	50,90
6	р.Тур'я – м. Ковель	2,7	17	1,26	51,01
7	р.Тур'я – с. Бузаки	4,0	20	1,32	51,20
8	р.Стохід – с. Малинівка	2,9	8	0,95	50,95
9	р.Стохід – с. Гулівка	3,9	19	1,30	51,02
10	р.Стохід – смт. Любешів	3,8	35	1,56	51,28
11	р.Стир – с. Щурівці	5,5	26	1,43	50,11
12	р.Стир – м. Луцьк	4,4	16	1,23	50,33
13	р.Стир – с. Млинок	3,9	24	1,40	50,76
14	р.Радоставка – с. Трійця	5,9	16	1,23	50,09
15	р.Іква – с. Вел. Млинівка	5,3	14	1,18	50,02
16	р.Іква – Млинівська ГЕС	4,1	20	1,32	50,05
17	р.Горинь – смт. Ямпіль	4,6	4	0,70	49,87
18	р.Горинь – с. Оженін	4,2	17	1,26	50,07
19	р.Горинь – с. Деражне	4,4	12	1,11	50,32
20	р.Вирка – с. Сварині	3,9	31	1,51	51,28
21	р.Случ – с. В. Клітна	4,2	3	0,60	49,70
22	р.Случ – с. Громада	3,5	4	0,70	49,78
23	р.Случ – м. Новоград-Волинський	3,5	11	1,08	50,13
24	р.Случ – м. Сарни	3,9	17	1,26	50,48
25	р.Хомора – смт. Понінка	3,9	11	1,08	50,03
26	р.Тня – с. Броніки	3,5	16	1,23	50,43
27	р.Смолка – с. Сусли	3,3	30	1,49	50,37

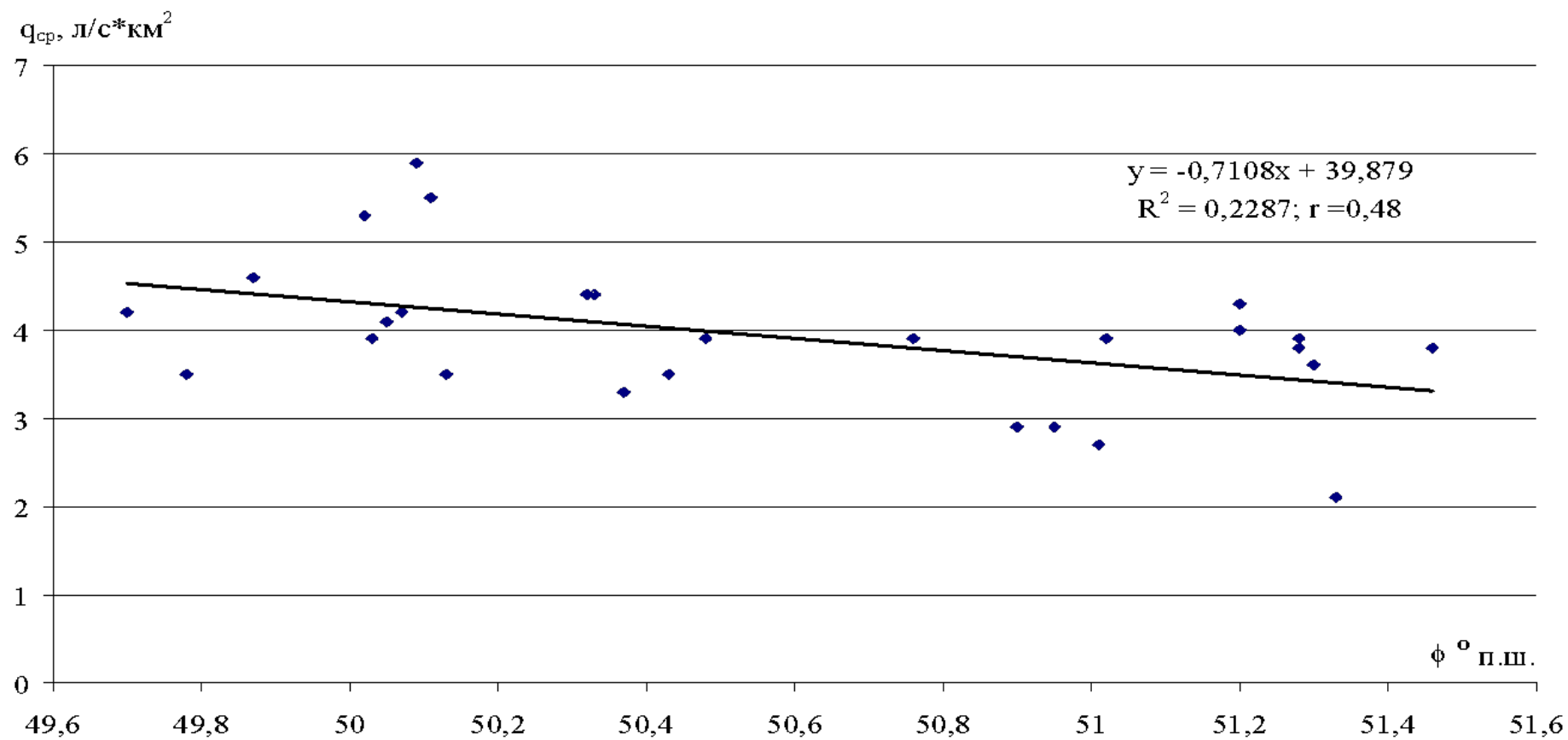


Рисунок 4.1 – Залежність середньорічних модулів річного стоку від широтного положення водозборів в басейні р. Прип'ять

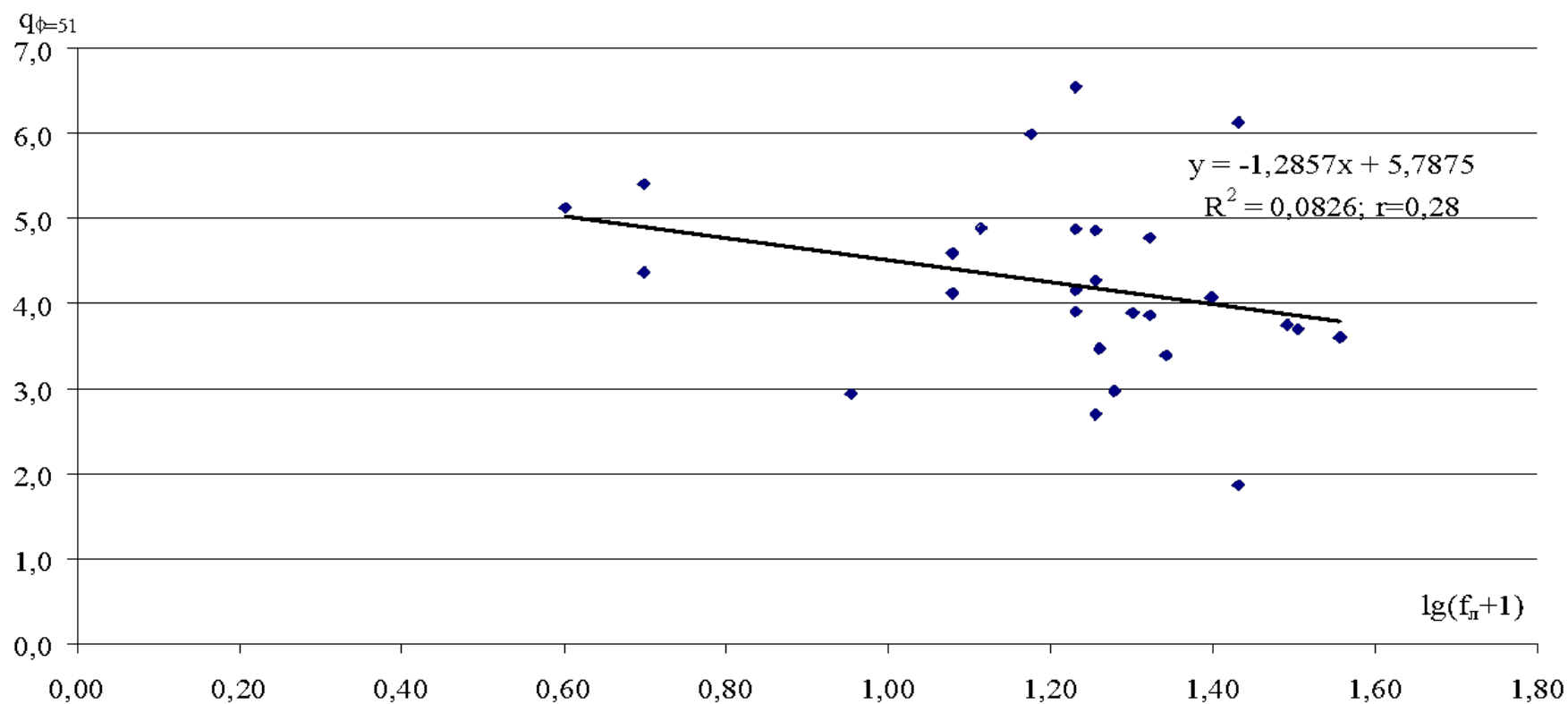


Рисунок 4.2 – Залежність середньорічних модулів річного стоку, приведених до широти 51° від лісистості водозборів в басейні р. Прип'ять

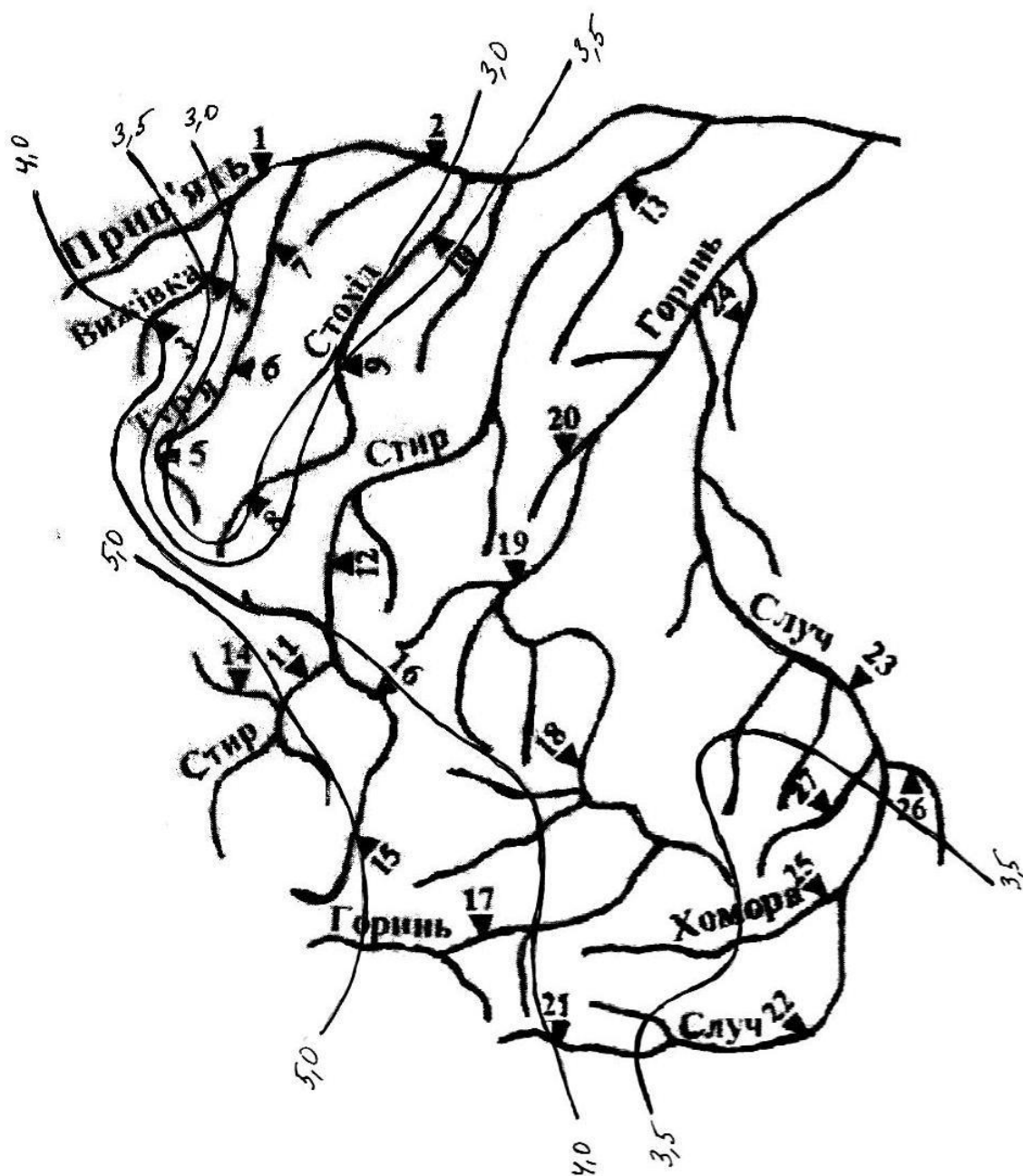


Рисунок 4.3 – Карта ізоліній норми річного стоку в басейні р. Прип'ять

Ізолінії проведені через 1,0 л/(с·км²). Значення норми річного стоку зменшуються з півночі і північного заходу на південь і південний схід від 5,0 до 3,0 л/с·км².

4.2 Перевірочні розрахунки

На підставі узагальнення норми річного стоку та коефіцієнтів варіації по басейну р. Прип'ять були виконані перевірочні розрахунки, за формулами:

$$\Delta q = \frac{|q_{\phi} - q_p|}{q_{\phi}} * 100\% \quad (4.3)$$

Результати розрахунків наведені у таблицях 4.1, 4.2. За даними таблиць $\Delta \bar{q} = 7,1\%$, а $\Delta C_v = 10,8\%$.

Отримані результати задовольняють вимогам нормативного документа СНіП 2.01.14-83 і відповідають вихідній інформації.

Таблиця 4.2 – Оцінка точності побудування карти середньорічних модулів стоку в басейні р. Прип'ять

№ поста	Річка – пост	F , км ²	$\bar{q}_\phi$, л/(с·км ²)	$\bar{q}_p$ (карта), л/(с·км ²)	$ \Delta\bar{q} $, %
1	р.Прип'ять – с. Річиця	2210	3,8	3,5	7,9
2	р.Прип'ять – с. Люб'язь	6100	2,1	3,0	42,9
3	р.Вижівка – с. Руда	141	4,3	4,1	4,7
4	р.Вижівка – смт. Стара Вижівка	722	3,6	3,8	5,6
5	р.Тур'я – с. Ягідне	502	2,9	3,0	3,4
6	р.Тур'я – м. Ковель	1480	2,7	3,0	11,1
7	р.Тур'я – с. Бузаки	2630	4,0	4,0	0,0
8	р.Стохід – с. Малинівка	692	2,9	3,0	3,4
9	р.Стохід – с. Гулівка	1420	3,9	3,5	10,3
10	р.Стохід – смт. Любешів	2970	3,8	3,5	7,9
11	р.Стир – с. Щурівці	2020	5,5	5,3	3,6
12	р.Стир – м. Луцьк	7200	4,4	5,0	13,6
13	р.Стир – с. Млинок	1090 0	3,9	3,8	2,6
14	р.Радоставка – с. Трійця	316	5,9	5,3	10,2
15	р.Іква – с. Вел. Млинівка	632	5,3	5,2	1,9
16	р.Іква – Млинівська ГЕС	1960	4,1	4,7	14,6
17	р.Горинь – смт. Ямпіль	1400	4,6	4,8	4,3
18	р.Горинь – с. Оженін	5860	4,2	3,9	7,1
19	р.Горинь – с. Деражне	9160	4,4	4,0	9,1
20	р.Вирка – с. Сварині	231	3,9	3,9	0,0
21	р.Случ – с. В. Клітна	232	4,2	4,1	2,4
22	р.Случ – с. Громада	2480	3,5	3,4	2,9
23	р.Случ – м. Новоград-Волинський	7460	3,5	3,5	0,0
24	р.Случ – м. Сарни	1330 0	3,9	3,5	10,3
25	р.Хомора – смт. Понінка	1410	3,9	3,7	5,1
26	р.Тня – с. Броніки	982	3,5	3,4	2,9
27	р.Смолка – с. Сусли	632	3,3	3,2	3,0
Середнє					7,1

ВИСНОВКИ

За результатами виконаної дипломної роботи можна зробити наступні висновки:

1. У роботі розглядається правобережна українська частина басейну р. Прип'ять, яка охоплює Волинську височину (Волинське Полісся), північну частину Подільської височини та частину Поліської низовини.
2. Водний режим річок української частини басейну р. Прип'ять визначається їх живленням, яке залежно від сезону року може бути сніговим, дощовим і підземним. Живлення часто носить змішаний характер з переважаючим значенням того або іншого виду.
3. Основні статистичні характеристики часових рядів річного стоку – середні значення $\bar{q}_{cp}$, коефіцієнти варіації C_v , асиметрії C_s і співвідношення C_s / C_v обчислювалися за даними 27 гідрологічних постів у басейні р. Прип'ять (з початку спостережень по 2015 рік включно) за допомогою методів моментів і найбільшої правдоподібності.
4. Отримані практично однакові значення коефіцієнтів варіації, розрахованих за методом моментів і найбільшої правдоподібності. Діапазон коливань C_v знаходиться в межах від 0,22 (р. Горинь – смт. Ямпіль) до 0,68 (р. Тур'я – с. Бузаки). Це свідчить про те, що для басейну р. Прип'ять характерна висока ступень мінливості у рядах середньорічних модулів стоку. У методі найбільшої правдоподібності коефіцієнти асиметрії C_s нормовані за їх співвідношенням з C_v . В середньому у межах досліджуваної території знаходиться на рівні $C_s = 2,2 C_v$.

5. Мірою точності є середня квадратична похибка. Значення $\sigma_{\bar{q}} \sigma_{\bar{q}}$ в середньому дорівнює 5,94%, а коефіцієнтів варіації в середньому $\sigma_{C_v} \sigma_{C_v}=10,7\%$. Ці результати задовольняють вимогам нормативного документа СНиП 2.01.14-83.
6. В басейні р. Прип'ять перевірка на однорідність часових рядів річного стоку була виконана за критеріями Фішера, Стюдента та Вілкоксона.
7. Неоднорідними виявились вісім постів. Для аналізу по постах, які виявились неоднорідними були побудовані графіки тренду.
8. На деяких постах відзначена тенденція до зменшення водності при зростанні років, а на деяких навпаки, до збільшення. Це пов'язане з коливальними процесами.
9. Для визначення циклічності на розглянутій території, по всіх постах були побудовані різницеві інтегральні криві, для більшої наочності ці криві представлені сумісно по декілька гідрологічних постів на одному аркуші. Вони утворюють замкнуті цикли коливань водності і визначається їх схожість.
10. Всі наявні ряди спостережень можуть бути використані для визначення і узагальнення норми річного стоку на досліджуваній території.
11. Для узагальнення норми річного стоку по території басейну р. Прип'ять для невивчених річок була побудована залежність $\bar{q} = f(\varphi^{\square})$. Залежність, яку отримано, дозволяє всі дані привести до однієї широти 51^0 пн. ш.
12. Приведені до однієї широти дані використані для побудови залежності $\bar{q}_{\varphi=51} = f(f_{\square} + 1)$.
13. Враховуючи виражену залежність $\bar{q}$ від $\varphi^{\square}$ пн.ш., побудована карто-схема норми річного стоку.

15. На підставі узагальнення норми річного стоку по басейну р.Прип'ять були виконані перевірочні розрахунки. Отримані результати: $\Delta \bar{q} = 7,1$ %, які задовольняють вимогам нормативного документа СНіП 2.01.14-83 і відповідають вихідній інформації
16. Отриману карту можна використовувати для невивчених річок басейну р. Прип'ять.

Апробація роботи: основні результати кваліфікаційної роботи бакалавра представлені на наукових семінарах кафедри гідрології суші, на першому етапі Всеукраїнського конкурсу наукових робіт студентів та на студентської наукової конференції ОДЕКУ 16.05. 2022 р., по результатам конференції опубліковані тези в електронному збірнику матеріалів тез-доповідей .

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Паламарчук М.М. Водний фонд України. Довідковий посібник / М.М. Паламарчук, Н.Б. Закорчевна; за ред. В.М. Хорєва, К.А. Алієва. – К.: Ніка-Центр, 2001. – 392 с.
2. Атлас України [Електронний ресурс]: Кер. проекту Л.Г.Руденко, В.С.Чабанюк, А.І.Бочковська / Інститут географії Національної академії наук України і Товариство з обмеженою відповідальністю «Інтелектуальні системи ГЕО», Інтелектуальні Системи ГЕО, 1999-2000.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 6. Украина и Молдавия. Вып.2. Среднее и нижнее Поднепровье. / Под ред. М.С. Каганера. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 656 с.
4. Новосад Я.О. Геологія та гідрогеологія / Я.О. Новосад. – Рівне: Вид-во Рівненського державного технічного університету, 2001. – 180 с.
5. Пазинич В.Г. Геоморфологічний літопис Великого Дніпра – В.Г. Пазинич. – Ніжин: «Гідромакс», 2007. – 372 с.
6. Иванов Б. Н. Карстовые явления на территории Украины и их народнохозяйственное значение // Тр. 1-го Укр. Гидрогеолог. Совещ. Т.2. – Киев, 1961. – С. 53-62.
7. Фізична географія Української РСР / [За ред. А.М. Маринича]. – К.: Вища школа, 1982. – 208 с.
8. Вишневський В.І. Гідрологічні характеристики річок України/ В.І. Вишневський, О.О. Косовець. -К.: Ніка-Центр, 2003. – 324 с.
9. Почвы Украины и повышение их плодородия. Т.2. – К.: Урожай, 1988. – 176 с.
10. Атлас природных условий и естественных ресурсов Украинской ССР. – М.: ГУГК, 1978. – 184 с.

11. Клімат України / За ред.. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. – Київ: Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.
12. Природа Украинской ССР. Климат / [В.Н. Бабиченко, М.Б. Барабаш, К.Т. Логвинов и др.] – К.: Наукова думка, 1984. – 232 с.
13. Лобода Н.С. Водні ресурси України у зв'язку з кліматичними умовами / Н.С. Лобода, Е.Д. Гопченко // Зб. наук. пр. Укр. географ. тов. Україна: географічні проблеми сталого розвитку. – 2004. – С. 144-146.
14. Степаненко С.М., Польовий А.М., Шкільний Є.П. та ін. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України: [монографія] / колектив авт.: С.М. Степаненко, А.М. Польовий, Є.П. Шкільний [та ін.]; за ред.. С.М. Степаненка, А.М. Польового. – Одеса: Екологія, 2011. – 696 с.
15. Гопченко Є.Д. Гідрологічні розрахунки. Підручник / Є.Д. Гопченко, Н.С. Лобода, В.А. Овчарук. Одеський державний екологічний університет, – Одеса ТЕС, 2014 – 484 с.
16. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Гидрометеиздат, 1983. 447 с.
17. Гопченко Е.Д., Гушля А.В. Гидрология с основами мелиорации. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 302 с.
18. Шакірманова Ж.Р., Бурлуцька М.Е. Гідрологічні розрахунки і прогнози: Конспект лекцій. – Одеса: Вид-во: ОДЕКУ, 2016. – 158 с
19. Соколовский Д.Л. Речной сток. – Л.: Гидрометеиздат, 1968г. – 540с.(20)

ДОДАТОК А

Основні гідрографічні характеристики річок басейну р. Прип'ять

№ за картою	Річка - пост	F , км ²	L , км	$H_{сер}$, м	$I_{серзв}$, ‰	f_l , ‰	f_0 , ‰	$f_{0з}$, ‰
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	р.Прип'ять – с. Річиця	2210	82	170	0,2	17	15	<1
2	р.Прип'ять – с. Люб'язь	6100	152	170	0,2	26	16	1
3	р.Вижівка – с. Руда	141	10	190	1,5	16	10	<1
4	р.Вижівка – смт. Стара Вижівка	722	44	190	0,7	21	9	<1
5	р.Тур'я – с. Ягідне	502	57	210	1,7	18	7	<1
6	р.Тур'я – м. Ковель	1480	102	200	1,1	17	6	<1
7	р.Тур'я – с. Бузаки	2630	164	180	0,8	20	10	<1
8	р.Стохід – с. Малинівка	692	45	200	0,9	8	9	<1
9	р.Стохід – с. Гулівка	1420	94	190	0,6	19	9	<1
10	р.Стохід – смт. Любешів	2970	173	180	0,4	35	8	<1
11	р.Стир – с. Щурівці	2020	63	240	2,1	26	9	<1
12	р.Стир – м. Луцьк	7200	194	230	0,7	16	6	<1
13	р.Стир – с. Млинок	10900	400	210	0,4	24	5	<1
14	р.Радоставка – с. Трійця	316	24	220	0,7	16	12	0
15	р.Іква – с. Вел. Млинівка	632	59	320	2,2	14	<1	<1
16	р.Іква –Млинівська ГЕС	1960	-	270	1,3	20	7	<1
17	р.Горинь – смт. Ямпіль	1400	71	320	1,6	4	1	<1
18	р.Горинь – с. Оженін	5860	228	280	0,7	17	2	<1
19	р.Горинь – с. Деражне	9160	395	260	0,5	12	2	<1
20	р.Вирка – с. Сварині	231	21	160	0,7	31	13	0
21	р.Случ – с. В. Клітна	232	30	320	1,3	3	0	<1
22	р.Случ – с. Громада	2480	139	300	0,7	4	5	<1
23	р.Случ – м. Новоград-Волинський	7460	252	260	0,5	11	9	<1
24	р.Случ – м. Сарни	13300	409	230	0,4	17	5	<1
25	р.Хомора – смт. Понінка	1410	114	280	1	11	1	<1
26	р.Тня – с. Броніки	982	68	8,9	0,8	16	1	<1
27	р.Смолка – с. Сусли	632	69	230	0,8	30	2	<1

ДОДАТОК Б

Розподіл гідрологічних постів за тривалістю спостережень та
за величиною площ водозборів в басейні р. Прип'ять

Таблиця Б.1 - Розподіл гідрологічних постів за тривалістю спостережень

Кількість постів	Кількість років спостережень					Всього
	20-30	31-40	41-50	51-60	>60	
	4	1	2	8	12	27
%	14,8	3,7	7,4	29,6	44,5	100

Таблиця Б.2 - Розподіл гідрологічних постів за величиною площ водозборів

Площа водозбору, F , км ²	101- 500	501- 1000	1001- 5000	5001- 10000	>1000 0	Всього о
Кількість постів	4	6	10	5	2	27
%	14,8	22,2	37,0	18,6	7,4	100

ДОДАТОК В

Графіки трендів

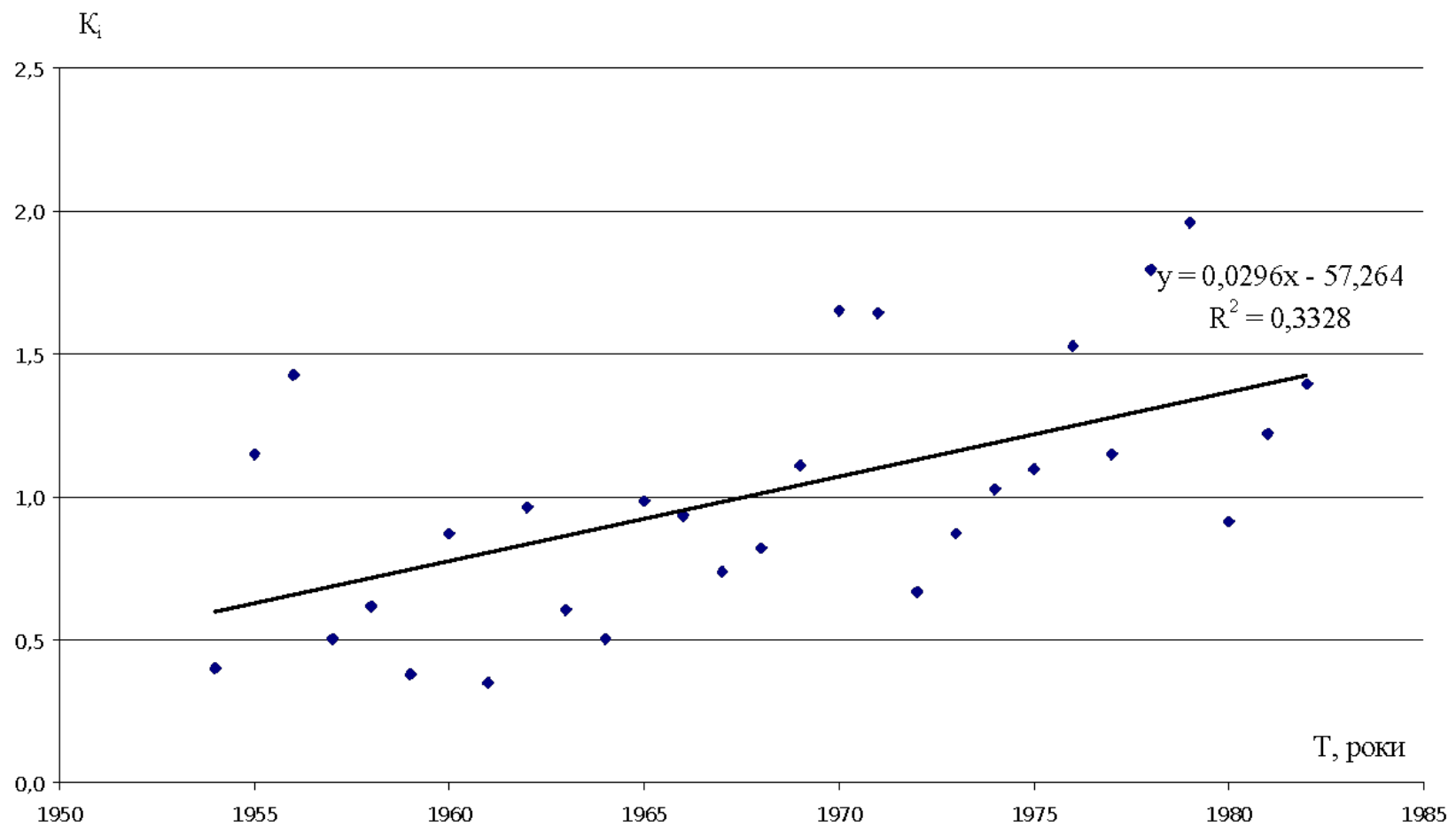


Рисунок В.2 - Виявлення тренду р.Случ - с.В.Клітна

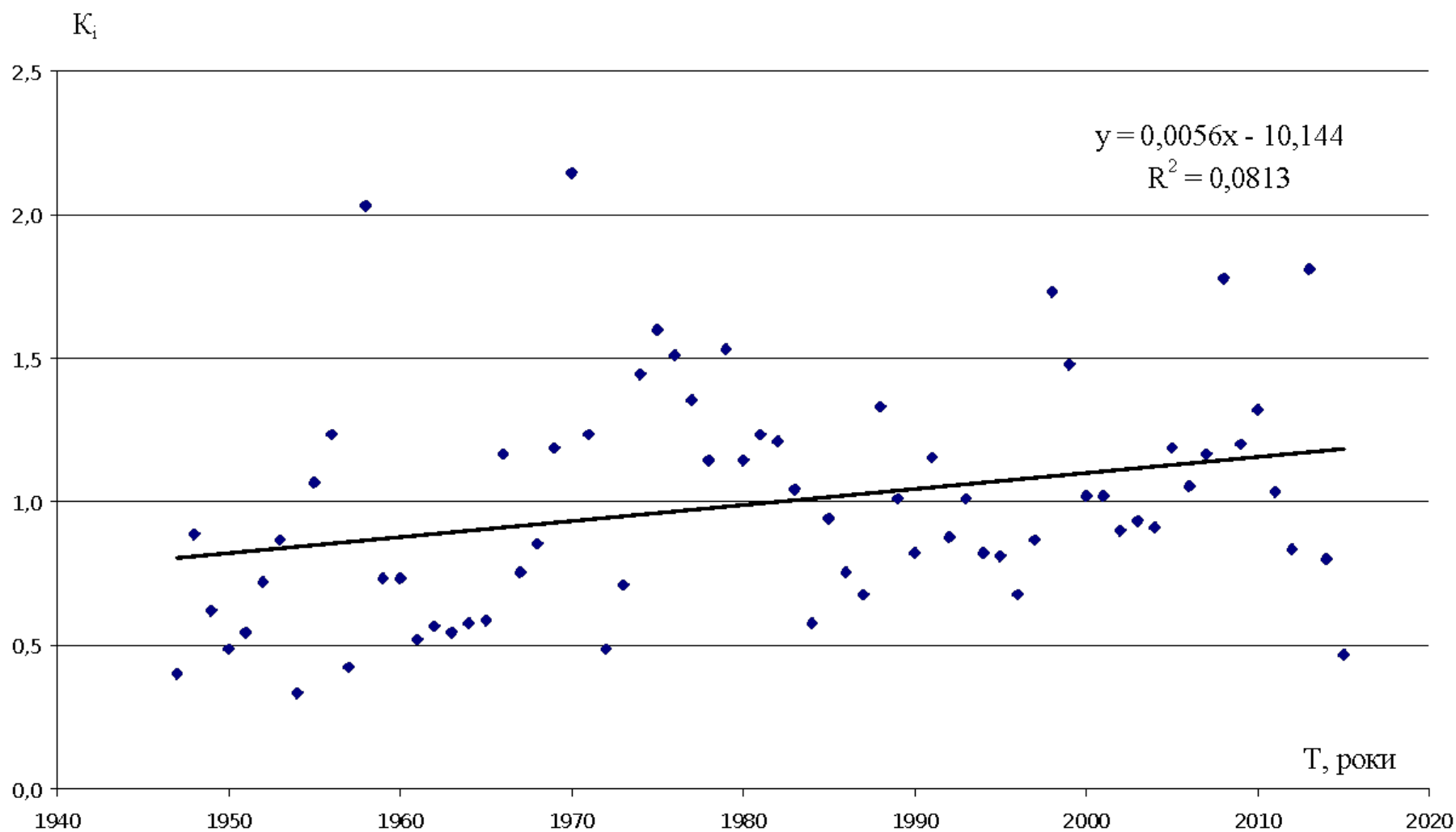


Рисунок В.3 - Виявлення тренду р. Вирка - с.Сварині

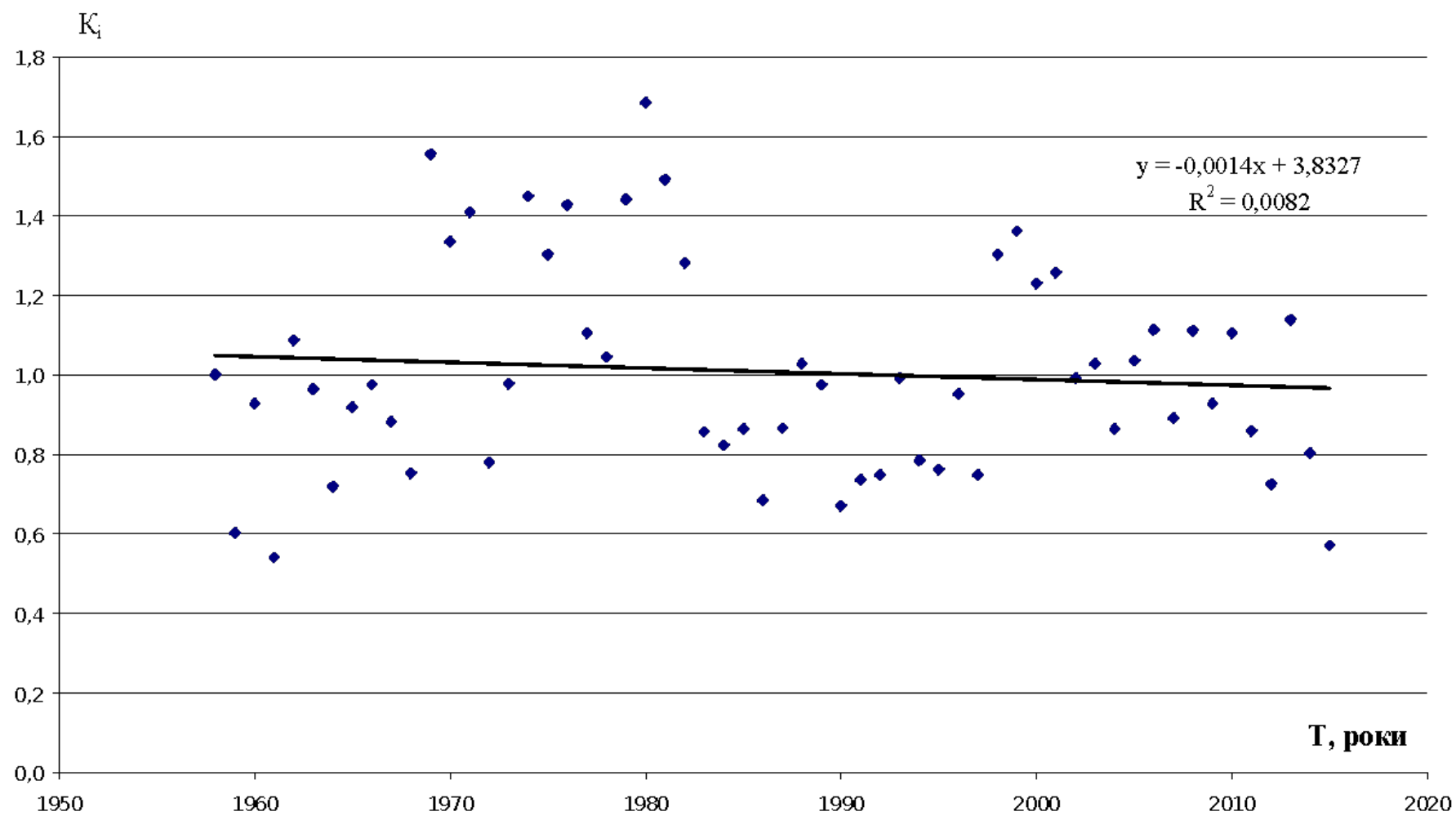


Рисунок В.4 - Виявлення тренду р. Горинь - с. Деражне

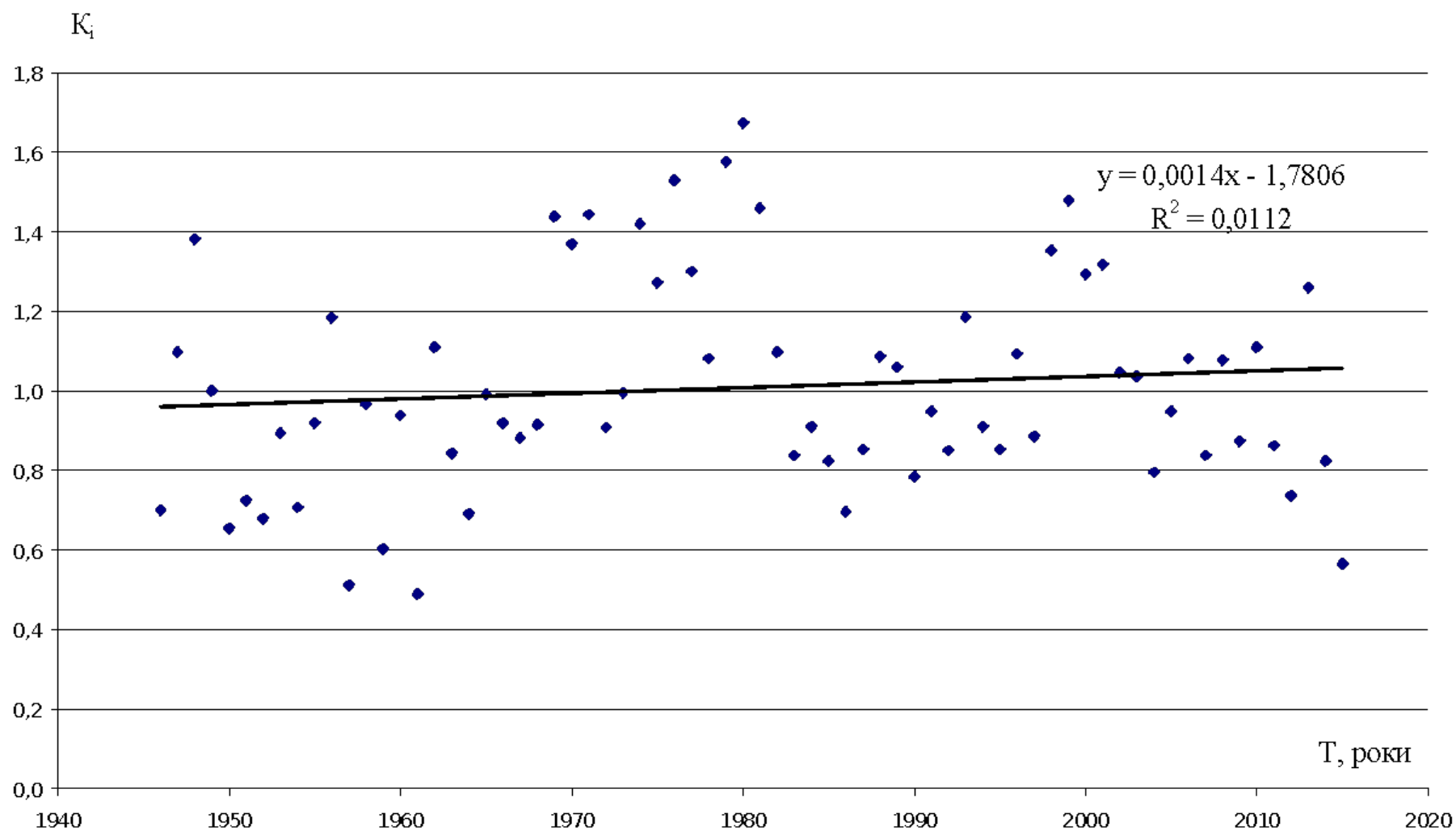


Рисунок В.5 - Виявлення тренду р.Горинь - с.Оженін

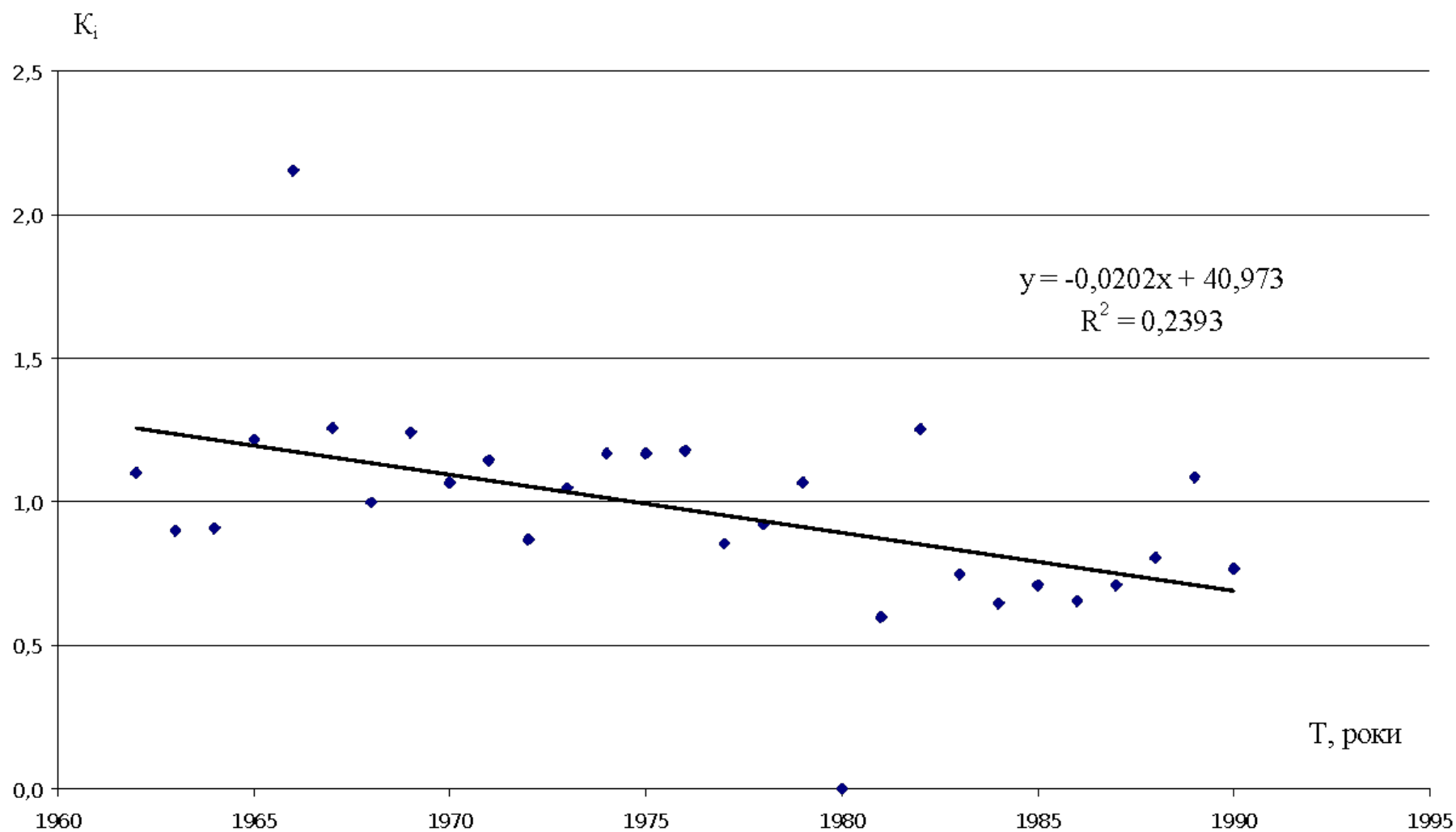


Рисунок В.6 - Виявлення тренду р.Іква - Млинівська ГЕС

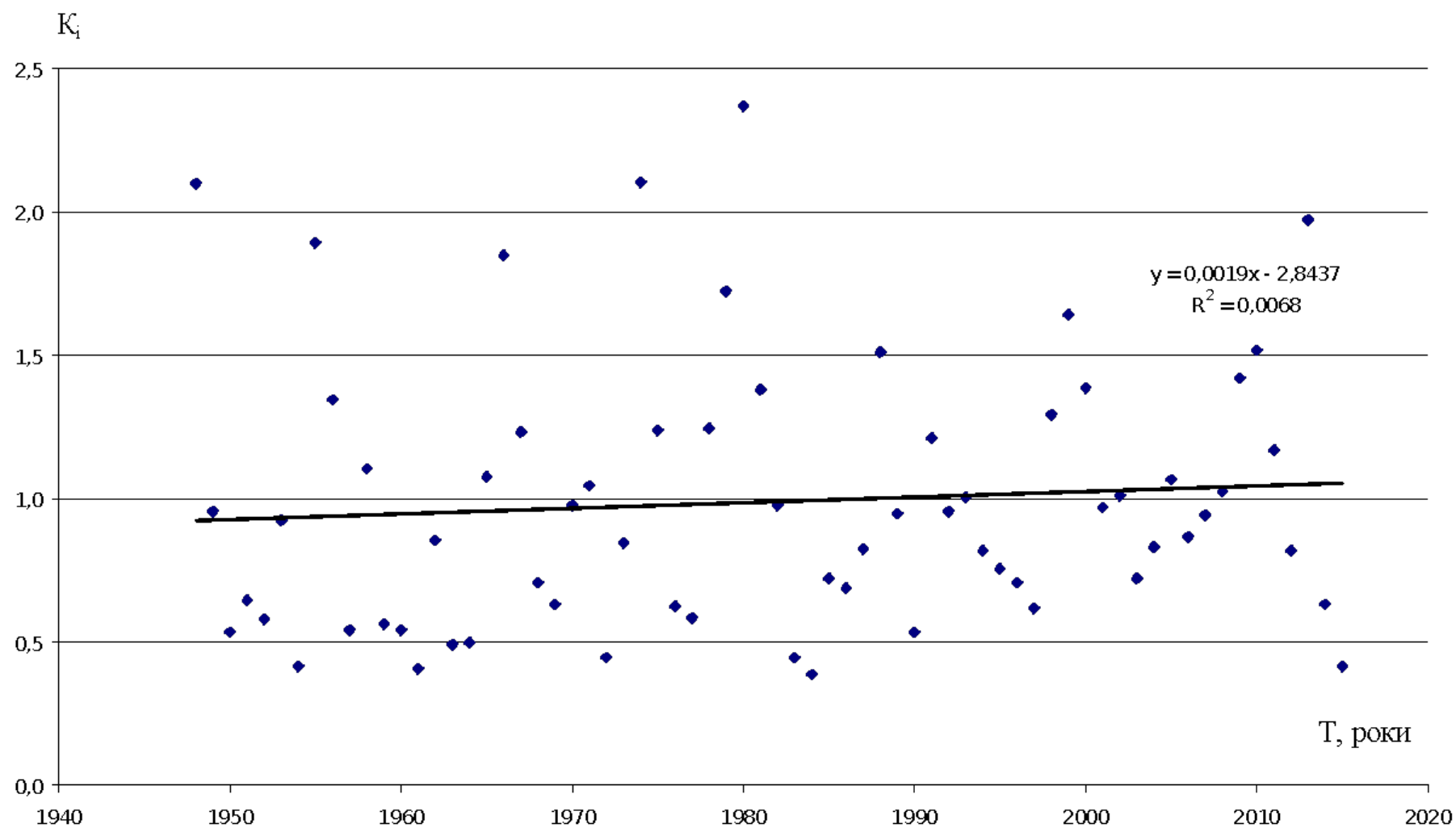


Рисунок В.7- Виявлення тренду р.Турья - с.Ягідне

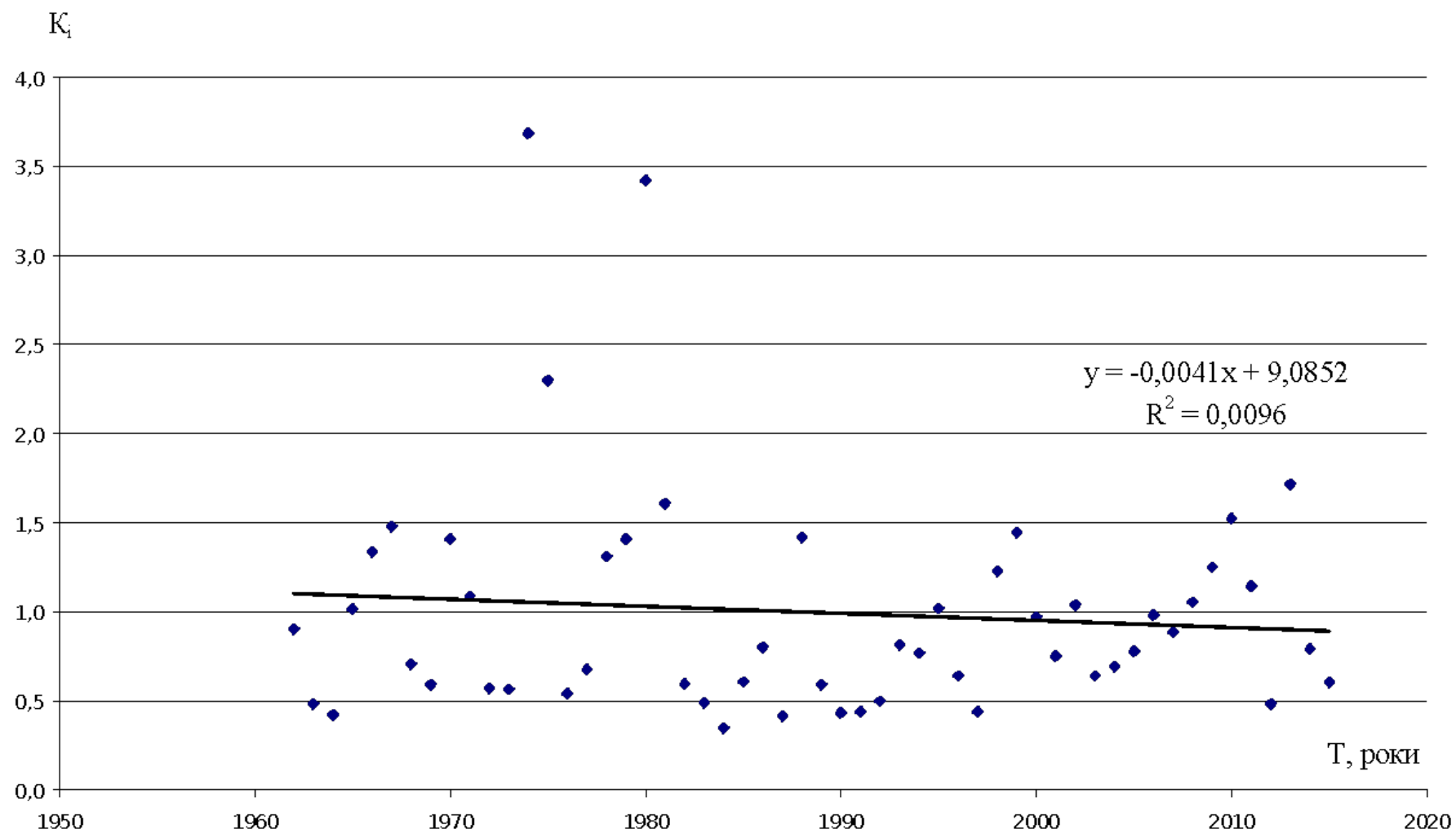


Рисунок В.8 - Виявлення тренду р.Припять - с.Річиця

ДОДАТОК Г

Графіки різницевих інтегральних кривих

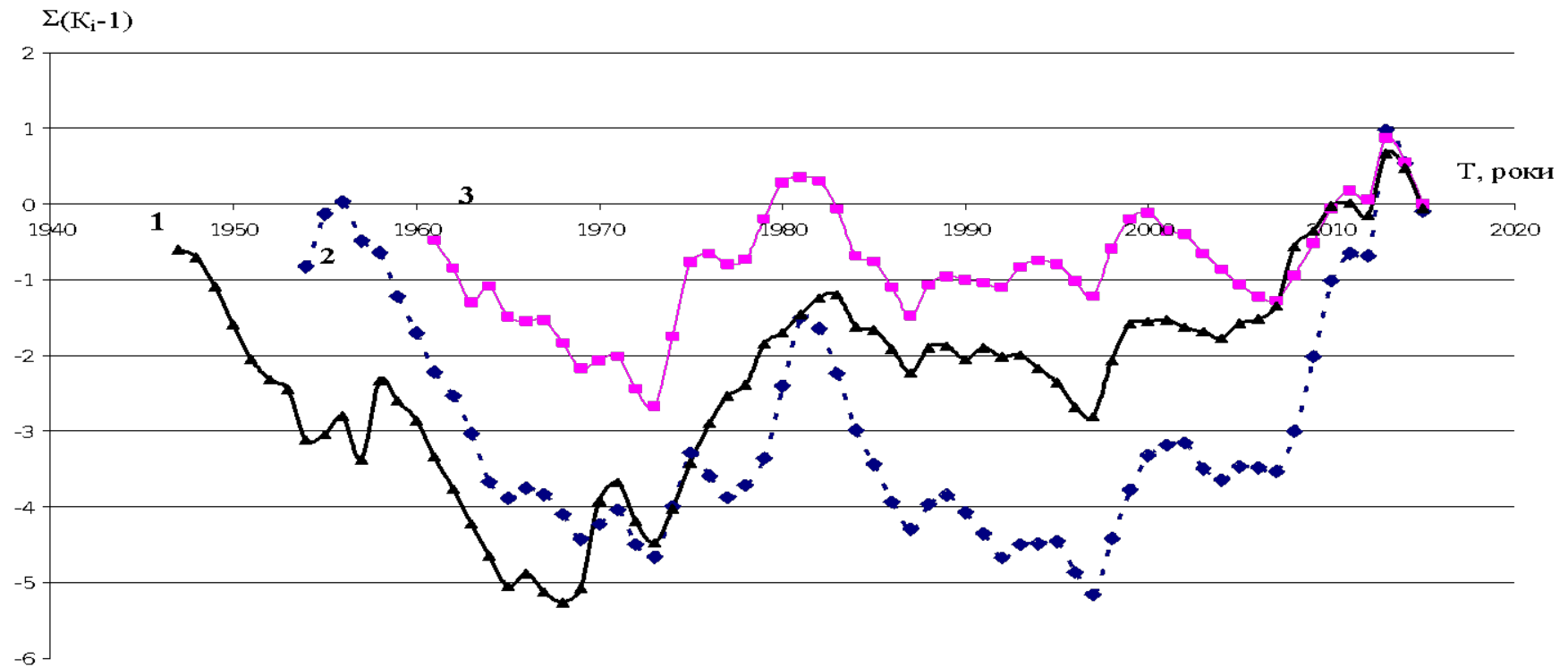


Рисунок Г.1 - Різницеві інтегральні криві: **1** - р. Вирка - с. Сварини; **2** - р. Стохід - с. Малинівка;
3 - р. Стохід - смт Любешів

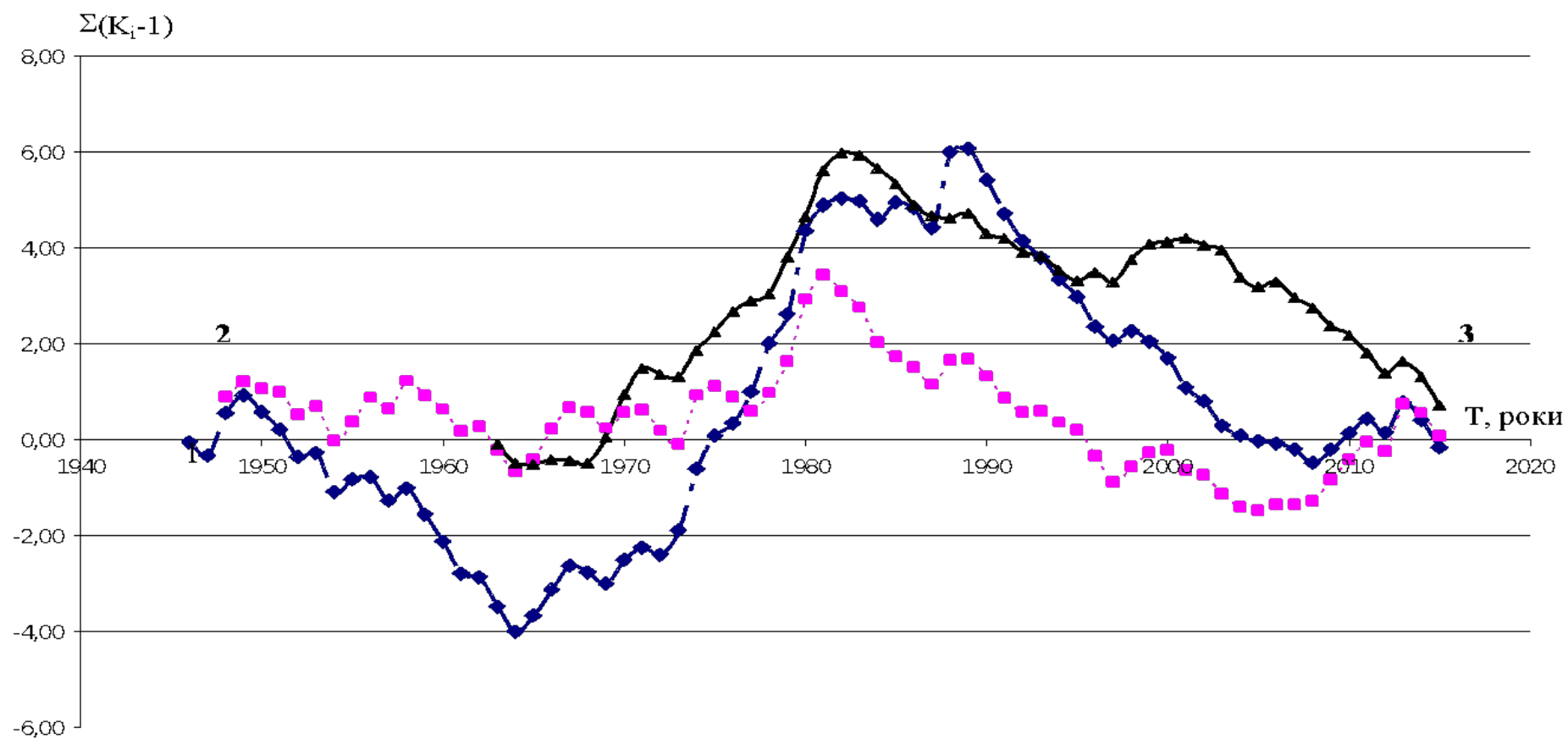


Рисунок Г.2 – Різницеви інтегральні криві: **1** - р. Виживка - с. Руда; **2** - р. Виживка - смт Стара Виживка; **3** - р.Случ - с. Громада

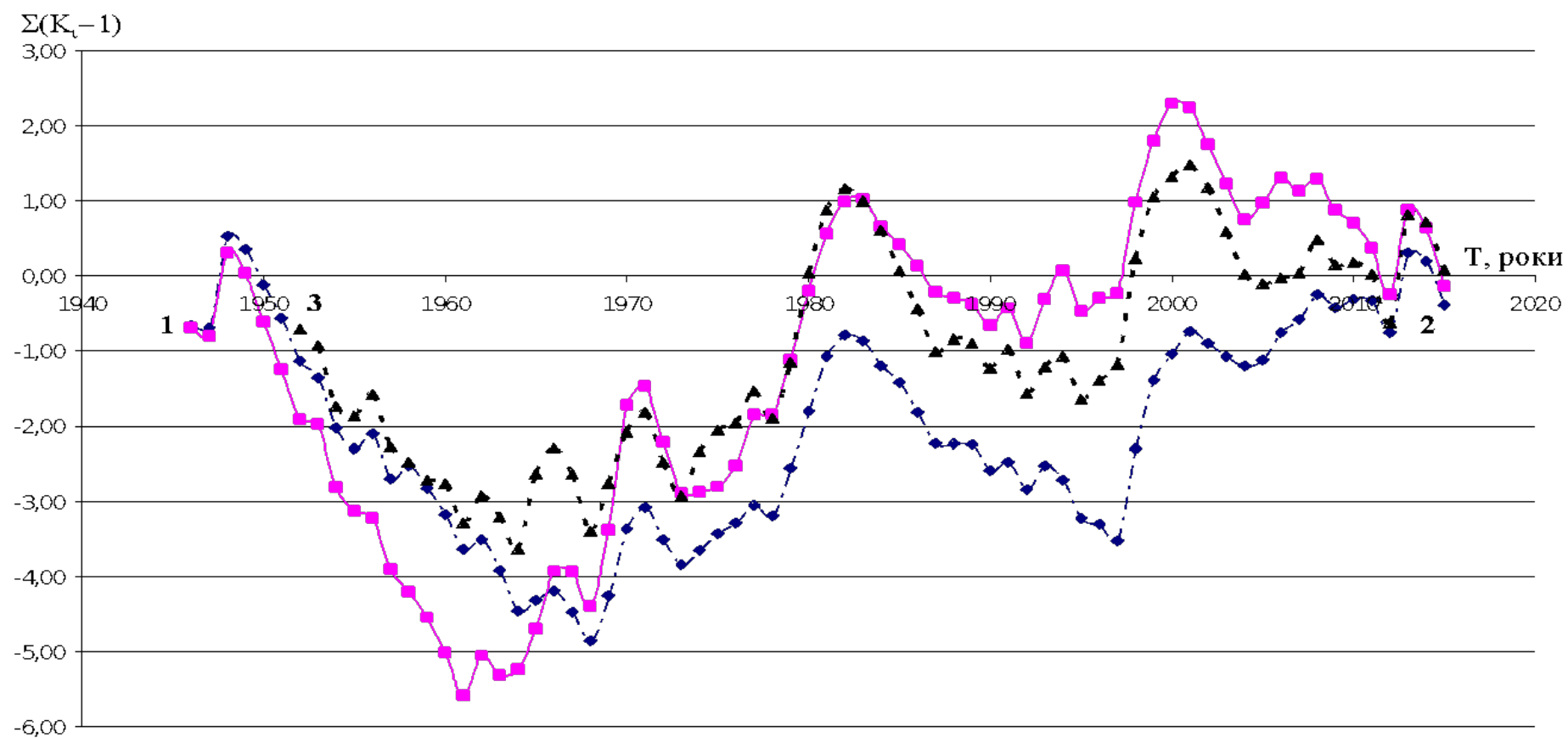


Рисунок Г.3 - Різницеви інтегральні криві: **1** - р. Тня - с. Броніки; **2** - р. Случ - м. Сарни; **3** - р. Смолка - с. Сусли

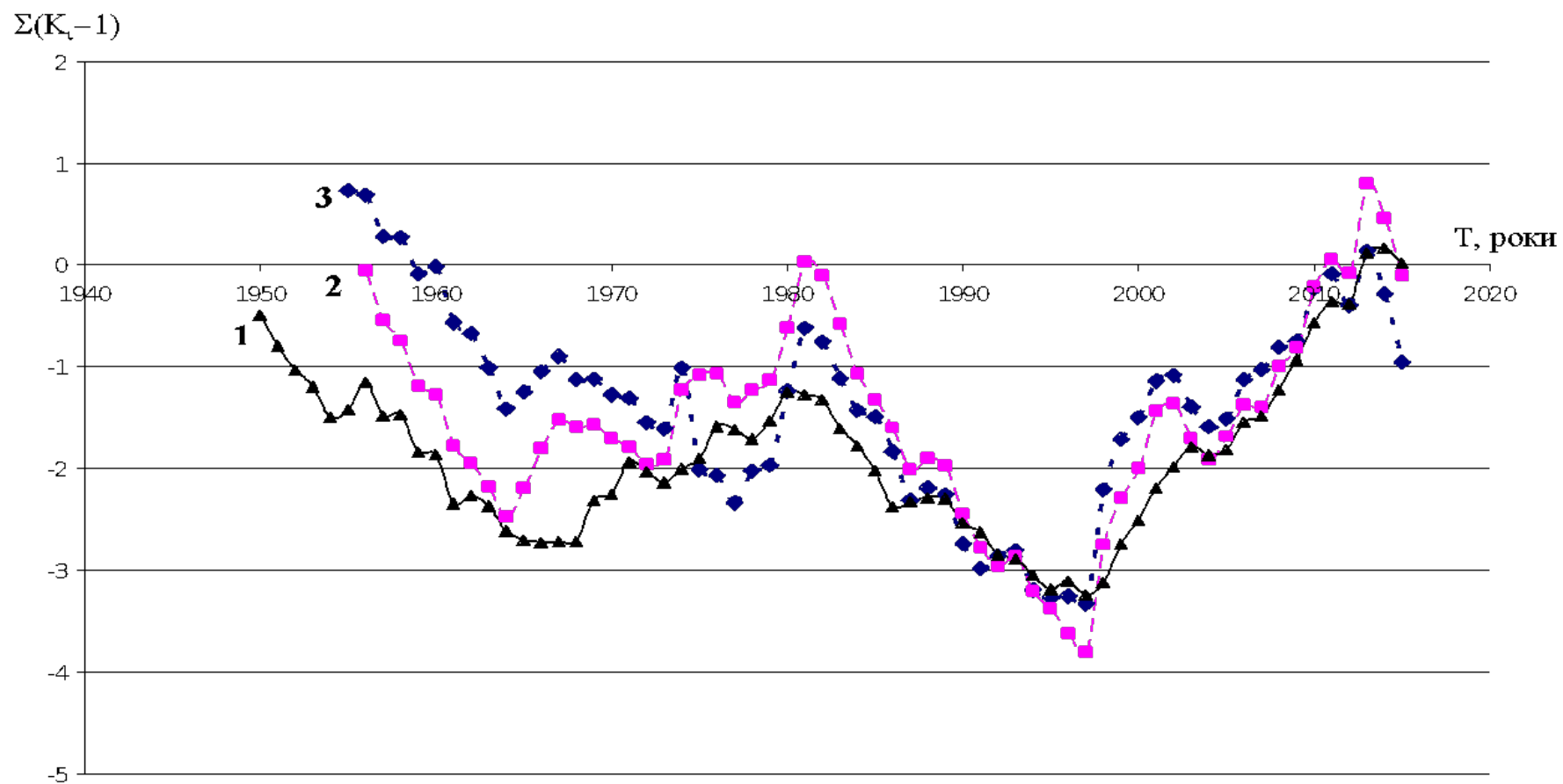


Рисунок Г.4 - Різницеві інтегральні криві: **1** - р. Горинь - смт Ямпіль; **2** - р. Стир - с. Щурівці; **3** - р. Радоставка - с. Трійця

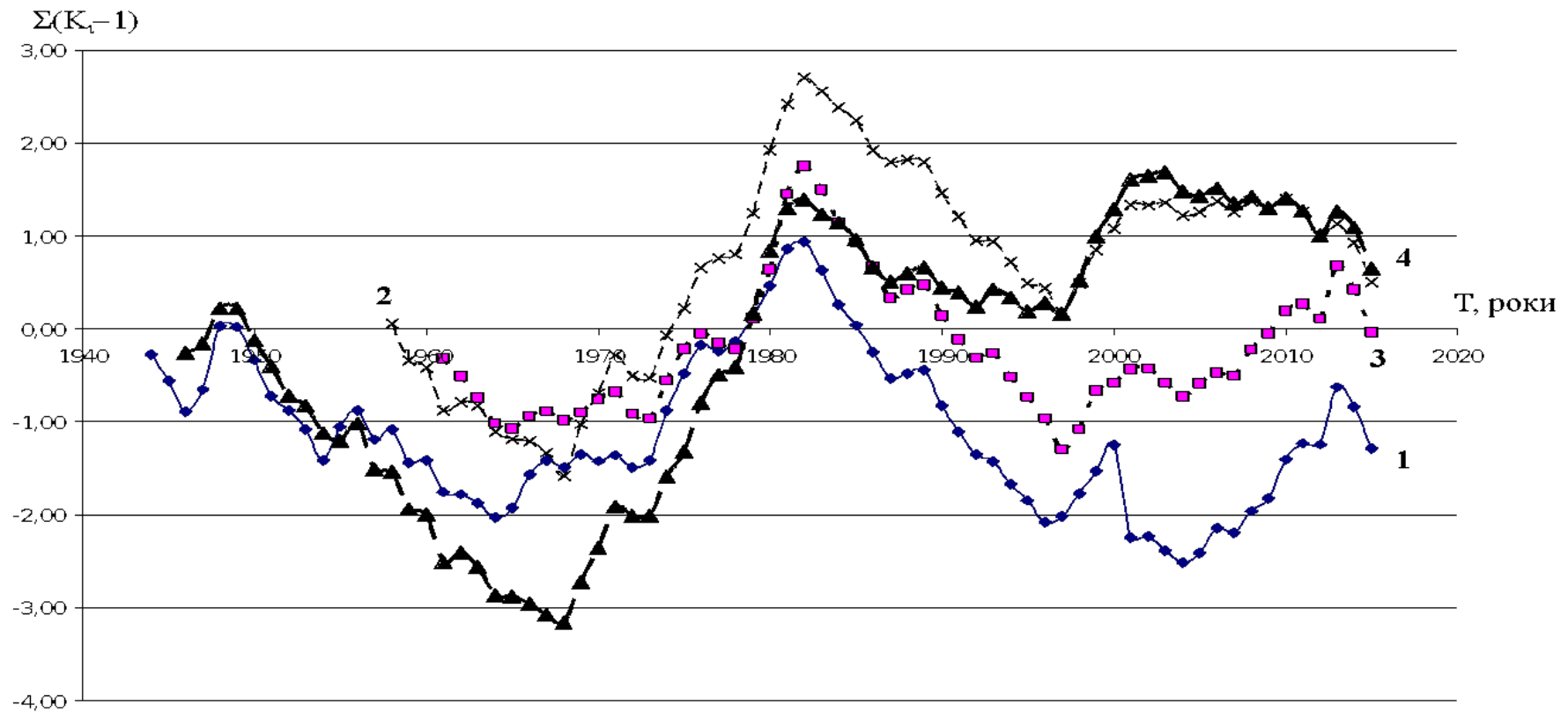


Рисунок Г.5 - Різницеві інтегральні криві: 1 - р. Стир - м.Луцьк; 2 - р. Горинь - с. Деражне; 3 - р. Стир - с. Млинок; 4 - р. Горинь - с. Оженінь

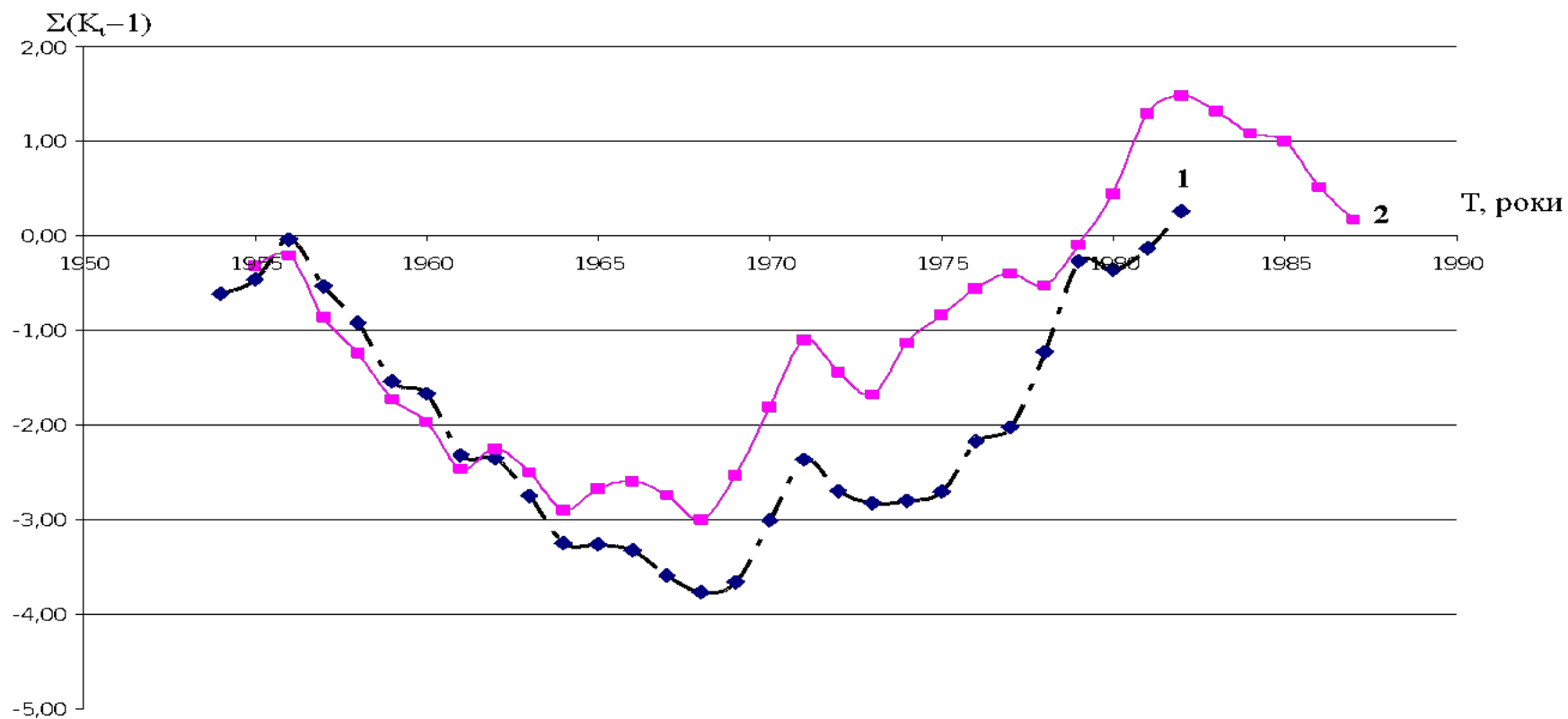


Рисунок Г.6 – Різницеви інтегральні криві: **1**- р. Случ –с. В.Клітна; **2** – р. Хомора – с. Понінка

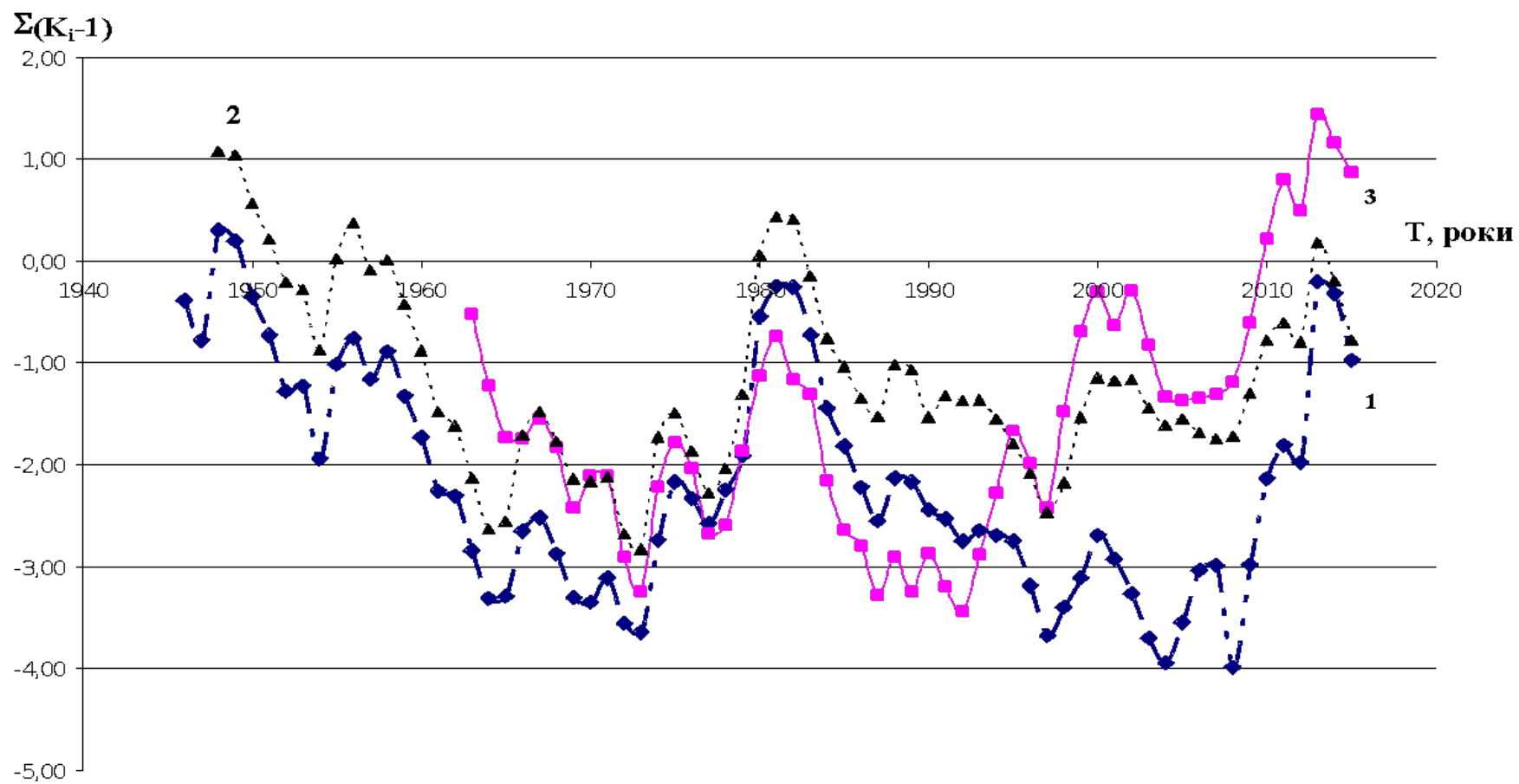


Рисунок Г.7 – Різницеві інтегральні криві: **1**- р. Турья- м. Ковель; **2** - р. Турья - с. Ягідне; **3** - р. Прип'ять -с. Любязь

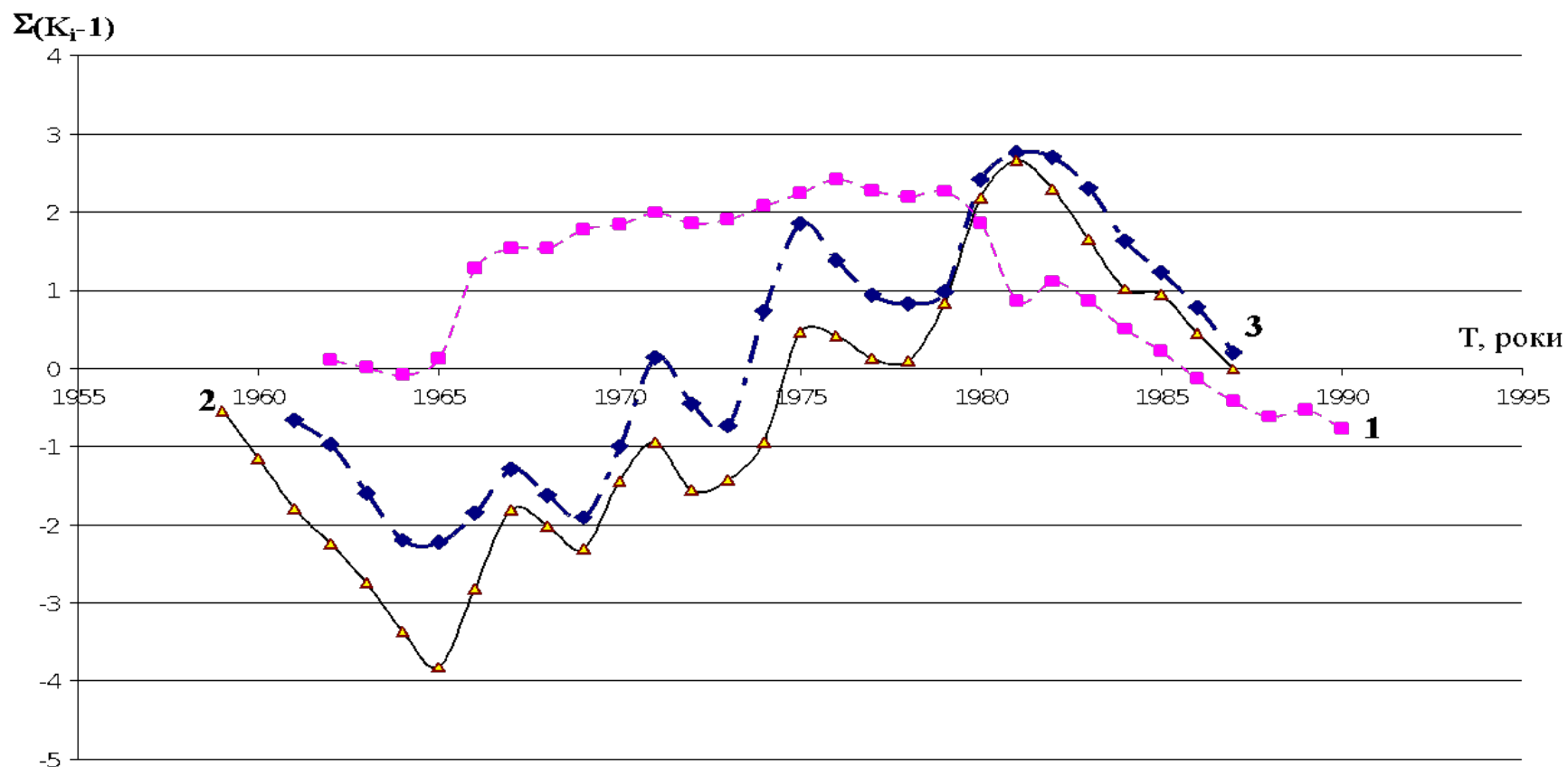


Рисунок Г.8 – Різницеві інтегральні криві: **1** - р. Іква - Млинівська ГЕС; **2** - р. Стохід - с. Гулівка;
3 - р. Турья - с. Бузаки

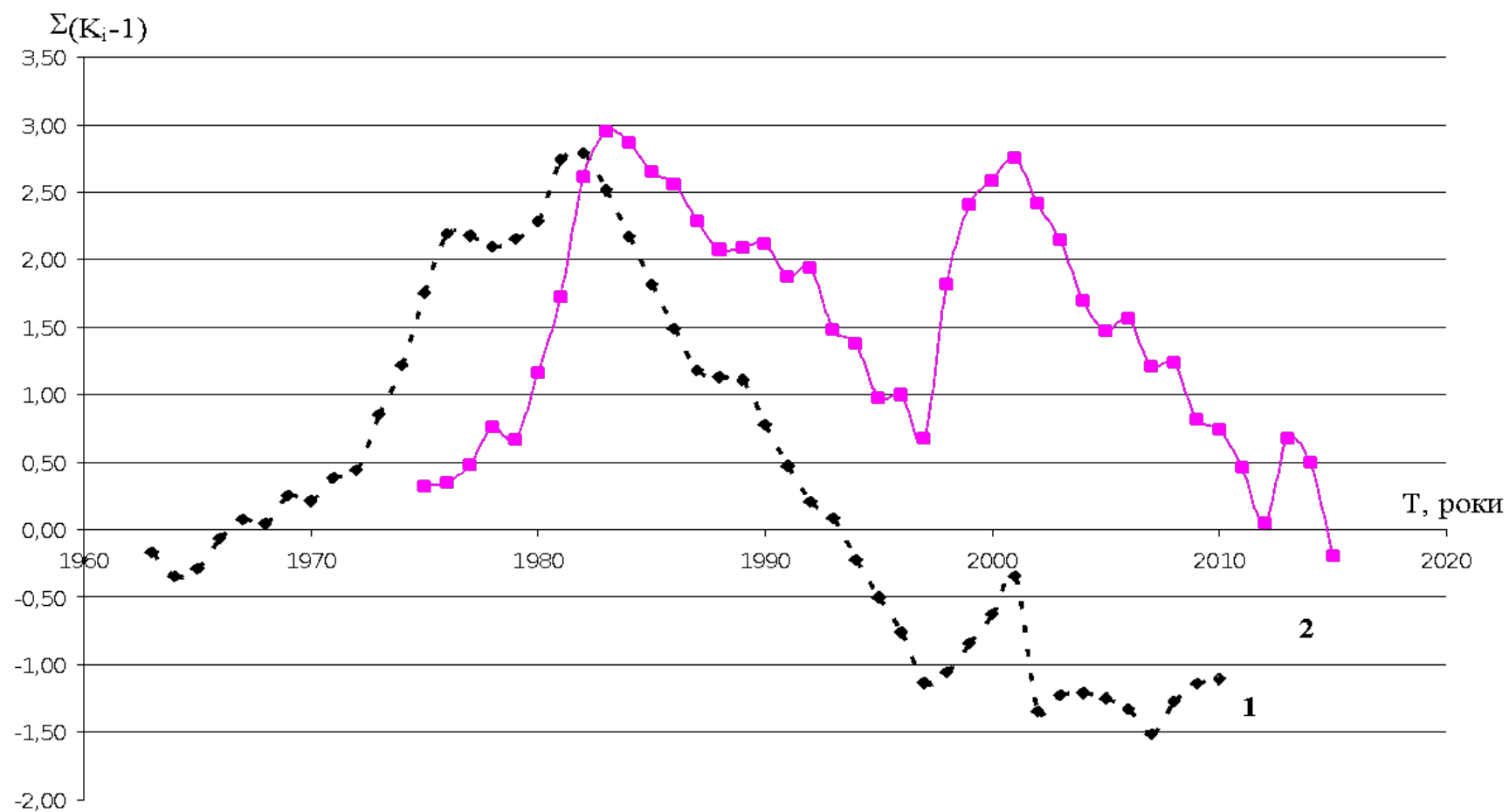


Рисунок Г.9 – Різницеви інтегральні криві: 1- р. Іква -с. Вел. Млинівці; 2 - р.Случ - м. Новоград Волинський

