

Міністерство освіти і науки України
Одеський державний екологічний університет

Гідрометеорологічний інститут

Кафедра гідрології суші

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: « Нормування розрахункових характеристик річного стоку в
суббасейні р. Прип'ять»

Виконав: студент 2-го року навчання гр. МЗГ-18
спеціальність 103 –«Наука про Землю»
освітньо-професійна програма «Гідрологія»
Датковський Владислав Дмитрович

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

Консультант _____

Рецензент канд. геогр. наук, доцент
Романчук Марина Євгенівна

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

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

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

Датковському Владиславу Дмитровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Нормування розрахункових характеристик річного стоку в суббасейні р. Прип'ять

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

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

2. Строк подання студентом роботи 06.12.2019 р.
3. Вихідні дані до роботи Середні річні модулі стоку від початку спостережень по 2015рік включно 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 розглянутій території виконати статистичну обробка часових рядів , перевірити на однорідність існуючі ряди спостережень за річним стоком. Проаналізувати циклічність для розрахунку норми річного стоку.

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

Просторово узагальнити характеристики річного стоку.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Карта фізико-географічного положення р.Прип'ять, карто-схема розташування гідрологічних постов басейну, різницеві інтегральні криві, графіки впливу на норму річного стоку лісистості та широтного положен басейні р.Прип'ять.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 28.10.2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Магістр _____ **Датковський В.Д.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

АНОТАЦІЯ

Актуальність теми. Норма - важлива характеристика річного стоку. Існують річки на яких відсутні систематичні вимірювання стоку. Тому уточнення розрахункових характеристик, в першу чергу, норми річного стоку для невивчених річок – важлива задача.

Метою досліджень є використання методу визначення норми річного стоку, виявити вплив на цю характеристику місцевих факторів та широтного положення водозбоу. Узагальнення норми річного стоку та коефіцієнтів варіації по басейну р.Прип'ять .

Об'єкт дослідження. Норма річного стоку та мінливість в басейні р. Прип'ять.

Методи дослідження. Розрахунок статистичних параметрів річного стоку, точність визначення параметрів статистичного розподілу. Перевірка часових рядів річного стоку за критеріями Фішера, Стьюдента та Вілкоксона. Дослідження впливу на норму річного стоку місцевих факторів та широтного положення водозборів. Узагальнення норми річного стоку та коефіцієнтів варіації по дослідженій території у вигляді карт ізоліній.

Результати, їх новизна, теретичне та практичне значення: Розроблена методика узагальнення норми річного стоку і коефіцієнтів варіації у вигляді карт ізоліній по території басейну р.Прип'ять. Запропоновану методику можна використовувати для визначення розрахункових характеристик річного стоку для невивчених річок басейна Прип'яті.

Рекомендації щодо використання результатів роботи з зазначенням галузі застосування: Розрахунок норми річного стоку, як головної гідрологічної характеристики можливо використовувати у водогосподарському проектуванні у досліджуваному районі.

Структура і обсяг роботи:

Кількість сторінок – 94

Кількість рисунків – 11

Кількість таблиць – 6

Кількість літературних джерел – 19

Перелік ключових слів: норма, параметри, однорідність, чинники, узагальнення

SUMMARY

Actuality of theme. A norm of annual runoff is important description of annual flow. There are the rivers on that the systematic measuring of flow are absent. Therefore clarification of calculation descriptions, first of all, norms of annual flow for the unstudied rivers are an important task.

The purpose of research is the use of method of determination of norm of annual flow, to determine the effect on these characteristics of local factors and latitudinal position in the basin of the Pripyat River. Generalization of norm of annual flow and coefficients of variation on basin of the Pripyat River.

Object of study. Norm of annual flow and variability in the basin of the Pripyat River.

Research methods. Calculation of statistical parameters of annual flow, exactness of determination of parameters of statistical distribution. The homogeneity of the existing series of annual flow on the criteria of Fisher, St'udent and Vilkokson. Research of influence is on the norm of annual flow of local factors and latitudinal position of reservoirs. Generalization of norm of annual flow for investigational territory as maps of isolines. The spatial generalization of the characteristics of the annual runoff i and coefficients of variation in the form of a card of contour lines.

Theoretical and practical importance. The proposed method to determine the estimated characteristics of annual runoff for the unexplored rivers of basin of the Pripyat River. Also calculation of norm of annual flow, as main hydrological description it maybe to use in the water engineering in the study area.

Structure and scope of work:

Number of Pages - 94

Number of figures - 11

Number of tables – 6

Number of sources used – 19

Keywords: *annual runoff, variability, generalization, homogeneity, factors, options,*

ЗМІСТ

	ВСТУП	8
1	ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНУ р. ПРИП'ЯТЬ	11
1.1	Рельєф і геологічна будова	11
1.2	Карст	14
1.3	Ґрунти і рослинність	15
1.4	Кліматичні умови	18
1.4.1	Температура повітря	19
1.4.2	Опади	20
1.5	Гідрологічна вивченість	21
1.6	Водний режим річок	24
2	МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ СТАТИСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СТОКУ	26
2.1	Метод моментів	26
2.2	Метод найбільшої правдоподібності	29
2.3	Точність обчислення параметрів статистичного розподілу ...	30
2.4	Статистична обробка часових рядів річного стоку в басейні р. Прип'ять	32
2.5	Аналіз однорідності часових рядів річного стоку	37
2.6	Визначення однорідності за параметричними критеріями (Фішера і Стюдента)	39
2.7	Аналіз однорідності з використанням непараметричних критеріїв (Вілкоксона)	41
2.8	Аналіз однорідності часових рядів річного стоку в басейні р. Прип'ять	42
3	МЕТОДИ ОБЧИСЛЕННЯ НОРМИ РІЧНОГО СТОКУ	46
3.1	Норма річного стоку	46
3.2	Методи визначення циклічності	46
3.3	Аналіз циклічності в басейні р. Прип'ять	48
3.4	Обчислення норми річного стоку при коротких рядах спостережень	49
3.5	Визначення норми річного стоку за відсутністю гідрометричних вимірювань	49
4	УЗАГАЛЬНЕННЯ НОРМИ РІЧНОГО СТОКУ ТА КОЕФІЦІЕНТА ВАРІАЦІЇ В БАСЕЙНІ Р. ПРИП'ЯТЬ	51
4.1	Чинники річного стоку	51
4.2	Вплив лісу на річний стік	52
4.3	Вплив озер на сумарну величину річного стоку	54
4.4	Вплив боліт на середньорічний стік	55

4.5	Агротехнічні заходи, які впливають на річний стік.....	57
4.6	Узагальнення норми річного стоку по території басейну р.Прип'ять.....	57
4.7	Узагальнення коефіцієнтів варіації часових рядів річного стоку в басейні р. Прип'ять	63
4.8	Перевірочні розрахунки.....	68
	Висновки.....	71
	Список використаних джерел	74
	Додаток А.....	76
	Додаток Б	77
	Додаток В	78
	Додаток Г	86

ВСТУП

Річковий стік є функцією комплексу умов, які складають географічний ландшафт. Визначальний вплив на формування стоку річок мають кліматичні фактори (температура повітря, опади та випаровування).

Окрім кліматичних чинників на формування стоку річок впливає підстильна поверхня (рельєф, лісистість, наявність озер та боліт, ґрунти та інше).

Однією з основних характеристик водних ресурсів річок є норма стоку.

Норма річного стоку має важливе значення при розрахунках стоку та водогосподарському проектуванні. Норма річного стоку – це середнє багаторічне значення, яке включає однакову кількість багатоводних та маловодних суміжних періодів.

Також норма річного стоку є важливою характеристикою стоку будь-якої річки і є його середнім значенням за багаторічний період.

Циклічні коливання стоку, 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).

Для отримання кількісних рішень, які задовольняють замовленням народного господарства в науці про стік застосовують ряд приблизних прийомів розрахунку. До них відносяться статистичні методи дослідження.

Для оцінок статистичних параметрів на основі вибірок розроблені спеціальні статистичні методи. Найбільш універсальним є метод статистичних моментів, який не зв'язаний ні з яким теоретичним законом

розподілу. У гідрологічних розрахунках застосовуються також методи визначення статистичних параметрів, які базуються на певних законах розподілу. До таких методів відноситься метод найбільшої правдоподібності. Допустима похибка обчислення норми річного стоку, знаходиться у межах 5-10 %.

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. Неврахування цих обставин може привести до невірних висновків.

Для невивчених річок норма річного стоку найчастіше визначається за допомогою карт з відповідними ізолініями

Для узагальнення норми стоку по території слід визначити вплив на середнє значення річного стоку за багаторічний період місцевих чинників, але спочатку слід виключити вплив широтного положення водозборів.

У багаторічному розподіленні річний стік коливається у широких межах. 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. Також на коефіцієнт варіації впливає зрошення тому, що зрошувальні норми визначаються водністю року (в маловодні роки вони більші, а в багатоводні – менші), слід визначити і вплив широти та площі водозборів.

Якщо на коефіцієнти варіації впливає широтна залежність, то узагальнюється вони по досліджуваній території у вигляді карт ізоліній.

На підставі узагальнення норми річного стоку та коефіцієнтів варіації виконуються перевірочні розрахунки,

Отримані результати перевірки мають задовольняти вимогам нормативного документа СНіП 2.01.14-83 і відповідають вихідній інформації.

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 меандрируючі 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 леденів.

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).

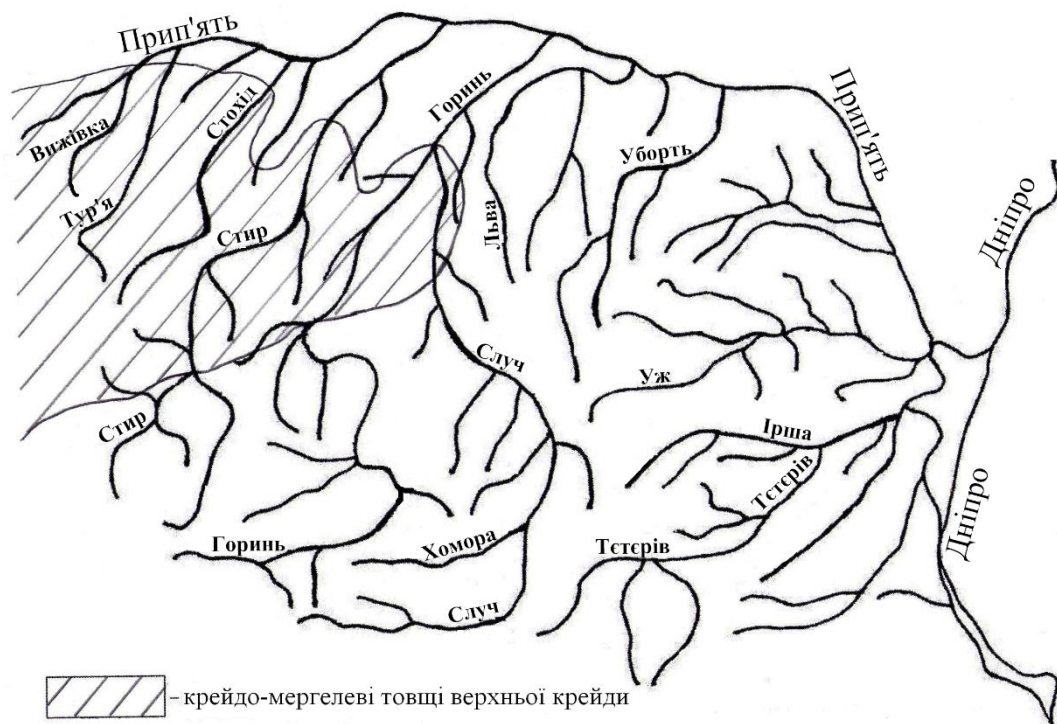


Рис. 1.2 - Схема карстового району в басейні р. Прип'ять

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.

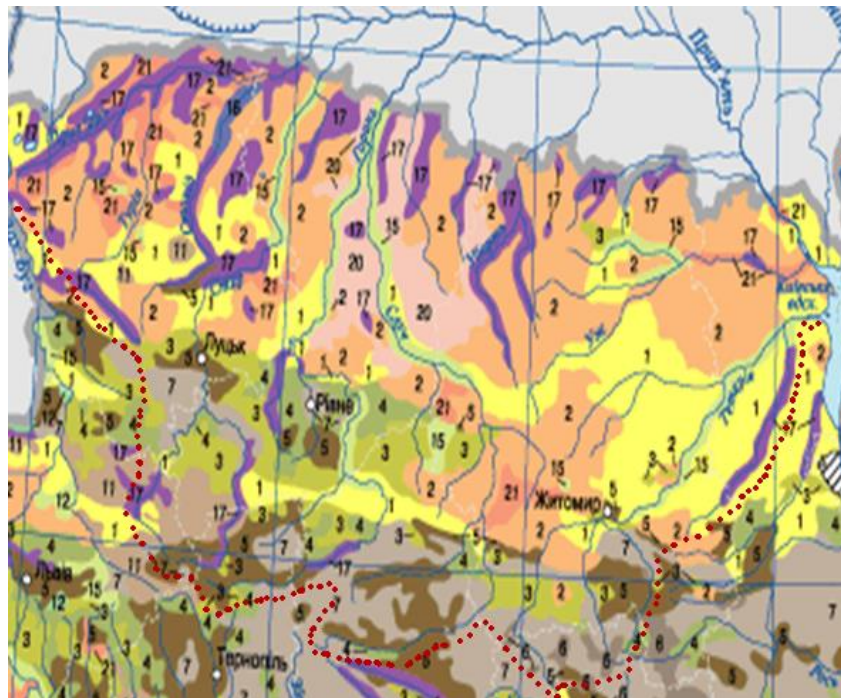
Особливістю закарстування цього району є його зв'язок з придолинними ділянками, де продукти вивітрювання змиті і тріщини інтенсивно опрацьовуються [3].

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 карбонатні 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 вологоємністю 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.

Широколистяно-лісова зона представлена лісовою, луговою і болотяною рослинністю. Найбільш залісеними є західна і центральна частини зони (30-40 %).

Переважаюча частина лісів широколистяно-лісової зони відноситься до молодих насаджень. Ліси широколистяної зони представлені формаціями: сосною, дубовою, дубово-сосною, грабово-дубовою, вільховою, грабовою, липово-дубово-сосною, грабово-дубово-сосною, березовою і ялиною. У трав'яно-чагарничковому ярусі найчастіше зустрічаються чорниця, брусниця, снитка, орляк, копитник європейський, папороть, бальзамін та ін. Розглянуті ліси, разом із загальним кліматичним режимом, мають важливе ґрунтозахисне значення.

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 торфорозробок 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 переважаючою 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. У його систему входять антициклони, що переміщуються із заходу. Циклони приносять вологе повітря з Атлантики і Середземного моря, обумовлюючи на більшій частині території похмуру з дощами погоду

За умовами циркуляції початок весни пов'язаний з послабленням північно-східних і східних впливів і посиленням західних. У квітні і травні ще спостерігаються повернення холодів, викликані вторгненням арктичного повітря. Вони обумовлюють різкі похолодання і заморозки.

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.

На більшій частині території стійкий перехід температури через $+5^{\circ}\text{C}$ спостерігається в першій і на початку другої декад квітня, на заході – в першій декаді квітня. Періоди з середньою добовою температурою повітря вище 5°C на більшій частині території тривають до кінця жовтня; на півночі і північному сході – до кінця другої декади жовтня.

Перехід середньої добової температури повітря через -5°C на півночі і північному сході відбувається у кінці першої і другої декад грудня, на більшій частині території – у кінці грудня – на початку січня, Атмосферна волога, її фазовий стан і вологообіг відіграють важливу роль у формуванні клімату. На випаровування води витрачається приблизно 30 % поглиненого підстилаючою поверхнею 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.

Відсутність стійкого снігового покриву в окремі зими викликається тривалістю та інтенсивністю відлиг. Повторюваність зим з відсутністю стійкого снігового покриву з півночі на південь збільшується.

До періоду весняного сніготанення висота снігового покриву досягає максимуму. Виняток становлять зими з глибокими відлигами. У окремі роки висота снігового покриву може бути значно більшою середніх величин.

Середня тривалість періоду сніготанення – 16-20 днів, в роки з дружною теплою весною танення відбувається за 4-8 днів, а в роки із затяжною весною – сніг сходить впродовж місяця.

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).

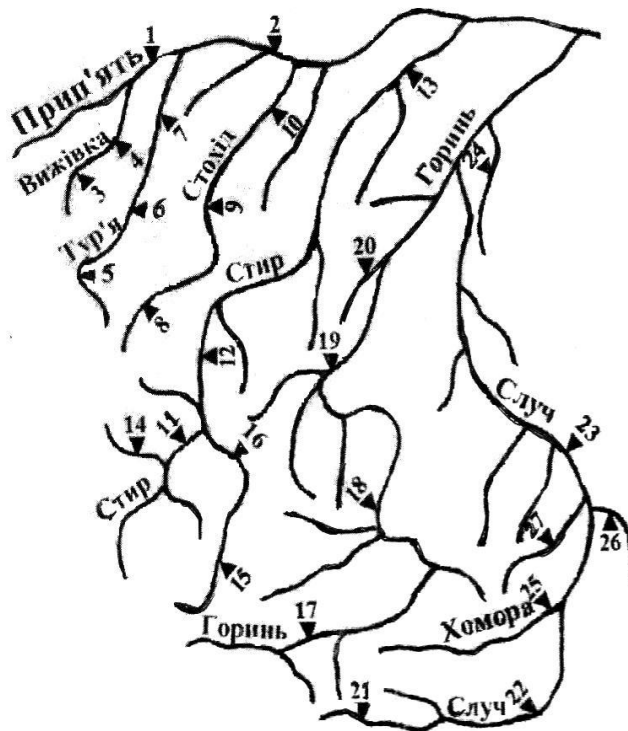


Рисунок 1.4 - Схематична карта розміщення гідрологічних постів в українській частині басейну р. Прип'ять

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

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 дренавання 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 зливого 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 річках.

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

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

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

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

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

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

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. Блохінов 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 внутрішньо рядних 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 σ_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, роки	\bar{q}_{cp} , л/(с·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

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	р.Вирка – с. Сварині	231	69	3,9	0,39	0,76	0,39	2,0	4,70
21	р.Случ – с. В. Клітна	232	29	4,2	0,43	0,41	0,44	1,1	8,17
22	р.Случ – с. Громада	2480	53	3,5	0,37	0,82	0,37	2,4	5,08
23	р.Случ – м. Новоград-Волинський	7460	41	3,5	0,39	1,01	0,38	3,0	5,93
24	р.Случ – м. Сарни	13300	70	3,9	0,45	0,93	0,45	2,2	5,38
25	р.Хомора – смт. Понінка	1410	34	3,9	0,41	0,44	0,41	1,2	7,03
26	р.Тня – с. Броніки	982	70	3,5	0,56	0,79	0,56	1,5	6,69
27	р.Смолка – с. Сусли	632	64	3,3	0,54	0,74	0,54	1,4	6,75
Середнє значення								2,2	5,94

Таблиця 2.2 – Точність визначення параметрів статистичного розподілу в басейні річок Прип'ять

№ поста	Річка-пост	F , км ²	п, роки	\bar{q} , л/(с·км ²)	C_v	σ_n	σ_{C_v}
1	р.Прип'ять – с. Річиця	2210	54	3,8	0,67	3,20	11,58
2	р.Прип'ять – с. Люб'язь	6100	53	2,1	0,5	3,51	10,86
3	р.Виживка – с. Руда	141	70	4,3	0,54	4,52	9,61
4	р.Виживка – смт. Стара Виживка	722	68	3,6	0,44	3,50	9,37
5	р.Тур'я – с. Ягідне	502	68	2,9	0,47	5,67	9,47
6	р.Тур'я – м. Ковель	1480	69	2,7	0,51	2,71	9,56
7	р.Тур'я – с. Бузаки	2630	27	4,0	0,68	3,11	16,46
8	р.Стохід – с. Малинівка	692	62	2,9	0,51	3,41	10,08
9	р.Стохід – с. Гулівка	1420	29	3,9	0,66	3,20	15,73
10	р.Стохід – смт. Любешів	2970	55	3,8	0,36	3,51	10,13
11	р.Стир – с. Щурівці	2020	60	5,5	0,36	4,52	9,70
12	р.Стир – м. Луцьк	7200	71	4,4	0,27	3,50	8,69
13	р.Стир – с. Млинок	10900	55	3,9	0,26	5,67	9,85
14	р.Радоставка – с. Трійця	316	60	5,9	0,35	2,71	9,67
15	р.Іква – с. Вел. Млинівка	632	47	5,3	0,24	3,11	10,61
16	р.Іква – Млинівська ГЕС	1960	28	4,1	0,3	3,41	13,95
17	р.Горинь – смт. Ямпіль	1400	66	4,6	0,22	3,20	8,91
18	р.Горинь – с. Оженін	5860	70	4,2	0,26	3,51	8,73
19	р.Горинь – с. Деражне	9160	58	4,4	0,26	4,52	9,59
20	р.Вирка – с. Сварині	231	69	3,9	0,39	4,70	9,14
21	р.Случ – с. В. Клітна	232	29	4,2	0,44	8,17	14,35
22	р.Случ – с. Громада	2480	53	3,5	0,37	5,08	10,36
23	р.Случ – м. Новоград-Волинський	7460	41	3,5	0,38	5,93	11,81
24	р.Случ – м. Сарни	13300	70	3,9	0,45	5,38	9,27
25	р.Хомора – смт. Понінка	1410	34	3,9	0,41	7,03	13,11
26	р.Тня – с. Броніки	982	70	3,5	0,56	6,69	9,69
27	р.Смолка – с. Сусли	632	64	3,3	0,54	6,75	10,05
Середнє						5,94	10,75

2.5 Аналіз однорідності часових рядів річного стоку

Ряди випадкових величин X та Y є статистично 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 Y 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 Y . Критерії однорідності мають дати відповідь на запитання наскільки статистично значуща різниця між розподілами двох рядів X та Y . Границя між суттєвою та несуттєвою різницею визначається рівнем значущості α . Використовуючи криву розподілу ймовірностей випадкової величини Y та рівень значущості α , можна виділити критичну область:

правосторонню

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

лівосторонню

$$P(y < y_1(kр.k)) = a \quad (2.23)$$

двосторонню симетричну область

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

двосторонню симетричну область

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

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 $F_{кр} = \varphi(a, \nu_1, \nu_2)$.

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 Стьюдента з параметром $V = m + n - 2$. Гіпотеза H_0 про незначущість різниці між середніми арифметичними значеннями перевіряється шляхом порівняння розрахованого критерію t з критичним $t_{кр}(a, \nu)$ - за допомогою таблиці. Нульова гіпотеза приймається, коли $t < t_{кр}(a, \nu)$.

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 Стьюдента та Фішера до рядів стоку з розподілом Пірсона III. Коли йдеться про перевірку двох вибірок з одного ряду, критичні значення критерію Стьюдента 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 передують 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:

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

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:

$$U_{кр1} < m\bar{u} - t_{кр}(a, v)\sigma_u \quad (2.31)$$

$$U_{кр1} > m\bar{u} + t_{кр}(a, v)\sigma_u \quad (2.32)$$

де σ_u - середній квадратичний відхил числа інверсій;

$t_{кр}(a, v)$ - критерій Стьюдента 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, Стьюдента 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 Віллкоксона	Загальний висновок
				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 МЕТОДИ ОБЧИСЛЕННЯ НОРМИ РІЧНОГО СТОКУ

3.1 Норма річного стоку

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

Циклічні коливання стоку, 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).

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%.

Таким чином, поняття «норма річного стоку» - це середнє його значення за багаторічний період, який включає декілька повних циклів коливань водності річки при незмінних географічних умовах та при однаковому рівні господарської діяльності на басейні річки [16].

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 довільно 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. [17]. 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 - згладжене 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 [17].

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 непрямыми 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 [16]. 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 УЗАГАЛЬНЕННЯ НОРМИ РІЧНОГО СТОКУ ТА КОЕФІЦІЕНТА ВАРІАЦІЇ В БАСЕЙНІ Р. ПРИП'ЯТЬ

4.1 Чинники річного стоку

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.

Вплив кліматичних складових географічного ландшафту на середній стік відноситься до тої групи басейнів, в якій водотоки повною мірою дренують опади, які випадають на поверхню басейну і стікають поверхневим та підземним шляхом, і до яких може бути застосовано рівняння балансу вологи в найпростішому вигляді

$$Y_0 = X_0 - E_0, \quad (4.1)$$

де Y_0 – середня багаторічна величина стоку;

X_0 – середня багаторічна величина опадів;

E_0 – середня багаторічна величина випаровування.

До цієї групи басейнів, які визначають з точки зору водного балансу “замкнені” басейни, відносяться водозбори всіх постійно текучих річок зони достатнього і недостатнього зволоження. У таких басейнах середньорічна

величина стоку залежить від середньорічних величин опадів та випаровування, тобто кліматичних факторів.

При визначенні впливу факторів підстильної поверхні на величину середньорічного стоку слід розрізняти річки, розташовані в зоні достатнього зволоження, недостатнього зволоження та нестійкого зволоження. В обох зонах переважають кліматичні фактори, але в зоні недостатнього зволоження невеликі зміни випаровування (на 5-10 мм за весняний або річний період) під впливом місцевих факторів (характеру ґрунтів, або агротехніки), змінюють вологість, яка може бути значною по відношенню до величини стоку. В напівпустельних районах вона знижується до 10-20 мм та нижче. Тому у зоні недостатнього зволоження вплив місцевих факторів на величину середньорічного стоку може бути суттєвим.

4.2 Вплив лісу на річний стік

Ліс у результаті розпушуючої дії коренів, а також дії лісової підстилки суттєво змінює водно-фізичні властивості ґрунтів, а саме збільшує їх загальну діючу скаженість та водопроникність. Завдяки цьому, лісові ґрунти переводять значну частину поверхневого стоку талих та дощових вод у ґрунтовий, цим самим збільшують меженне живлення річок за рахунок зниження об'єму максимальних витрат паводків та водопіль [19]. Внаслідок цього внутрішньорічний хід стоку річок із залісеними басейнами становить більше виражений і зарегульований.

Вплив лісу на внутрішньорічний стік більше з важкими суглинними та глинистими ґрунтами, ніж на водозборах з легкими піщаними ґрунтами, так як водно-фізичні властивості важких ґрунтів більш змінюються під впливом лісу, ніж легкі піщані, які мають і без лісного покриву велику проникність.

Найбільш сильний вплив на внутрішньорічний хід стоку мають лісові насадження з глибшою кореневою системою. Проте в усіх випадках межений стік у залісених водозборах значно вище, ніж у відкритих.

Кількісний ефект регулюючого впливу лісових ґрунтів залежить не тільки від характеру ґрунтів та типу ліса, але і від характеру водотоку: на малих водотоках, які не дренують ґрунтові води, цей ефект (відносно внутрішньорічного ходу стоку) менш, ніж на великих водозборах, які повністю дренують підземні води свого басейну.

Така ж картина спостерігається відносно впливу лісових ґрунтів на максимальні витрати весняних та дощових паводків. Лісові ґрунти, поглинаючи талі та дощові води, значно знижують максимум талих та дощових вод. Проте з кількісного боку ефект цього зниження залежить в значній ступені від розмірів водотоку та глибини врізу його русла.

В гірських районах ліс знижує величину середнього стоку приблизно на 15-20% , але не внаслідок посиленої транспірації лісовою рослинністю, а внаслідок недоотримання лісовими ґрунтами частки зимових опадів, а також внаслідок неповного перехвату глибинного стоку талих та дощових вод, що просочуються.

Що стосується впливу ліса на сумарний річний стік річок рівнинних районів, то середня величина стоку більш залісених водозборів вище, ніж на менш залісених водозборів на 10-20% у лісовій зоні та на 20-40% у степовій.

Таким чином, при загальній підвищеній величині сумарного річного стоку річок з більш залісеними водозборами частка поверхневої частини стоку у них менша за рахунок значного збільшення підземного стоку, що обумовлено властивостями лісових ґрунтів.

Таким чином, у рівнинних умовах ліс та лісові ґрунти не тільки не зменшують середню величину стоку але й збільшують її на 10-40%, причому це збільшення у зоні недостатнього зволоження більш, ніж у зоні надмірного зволоження, що пояснюється більшою контрастністю температур повітря та

величини сумарного випаровування на відкритих та залісених ділянках лісостеповій та степовій зонах, ніж на тих же ланках лісової зони.

4.3 Вплив озер на сумарну величину річного стоку

Вплив озер на сумарну величину річного стоку, залежить від співвідношення випаровування з водної поверхні та суші.

У зонах надмірного зволоження, де випаровування з водної поверхні близько до випаровування з суші, додаткові витрати на випаровування з поверхні озер відносно невеликі і зниження величини річного стоку під впливом озер, складають незначну частку по відношенню до зональної величині стоку у цьому районі.

У зоні недостатнього зволоження, де випаровування з водної поверхні значно перевищує величину випаровування з суші, озера можуть не тільки зменшити сумарну величину сумарного стоку, але й збільшити його мінливість в наслідок значного зниження стоку маловодних років та збільшення таким чином амплітуди коливань річного стоку.

Величина зниження річного стоку під впливом озер може бути визначена на підставі рівняння водного балансу, яке для без озерного та озерного басейнів має вигляд:

$$Y_{\bar{o}.oz} = X - E_c, \quad (4.2)$$

$$Y_{oz} = X - E_c - (E_g - E_c) f_{oz}, \quad (4.3)$$

де $Y_{\bar{o}.oz}$ та Y_{oz} – середній багаторічний стік без озерного та озерного басейнів; X – середньорічні опади;

E_g – середньорічне випаровування з водної поверхні;

E_c – середньорічне випаровування з суші;

$f_{оз}$ – озерність басейну в частках від одиниці. Усі величини виражаються в міліметрах шару, віднесеного до площі басейну.

Віднімаючи (4.3) з (4.2), отримаємо зниження величин стоку під впливом озер ΔY , яке дорівнює

$$Y_{б.оз} - Y_{оз} = \Delta Y = (E_в - E_c) f_{оз}. \quad (4.4)$$

З виразу (4.4) слід, що зменшення величини річкового стоку під впливом озер залежить від різниці між випаровуванням з водної поверхні та випаровуванням з суші, яка зростає зі збільшенням посушливості клімату, тобто змінюється зонально і як наслідок величина також змінюється по географічних зонах.

Таким чином, регулююча роль озер залежить від конкретних географічних умов: при надмірному та достатньому зволоженні озера регулюють внутрішньорічний хід, без зменшення суттєво величини сумарного стоку; при недостатньому зволоженні і особливо в напівпустельних районах під впливом озер зменшується як середня величина стоку, так і особливо стік маловодних років.

Внаслідок цього збільшується контрастність у багатолітньому розподілі стоку, яка виражається коефіцієнтом варіації, при незначнім регулюванні внутрішньорічного ходу та екстремних величин стоку.

4.4 Вплив боліт на середньорічний стік

Вплив боліт на середньорічний стік також як і озер, залежить від конкретних географічних умов, які визначають різницю між випаровуванням з водної поверхні та випаровуванням з суші. Крім того, впливають місцеві умови ґрунтового живлення низинних боліт.

У дощові роки закустарені заболочені землі зменшують випаровування та збільшують річний стік, причому це збільшення може досягати при 100%-ної заболоченості приблизно 120мм, або 40% середньої величини стоку.

В маловодні роки заболочені землі в протилежність дощовому року не збільшують стік, а випаровують трохи більше вологи, ніж суходільні відкриті поля та сінокоси. Зменшення стоку в маловодні роки відбувається головним чином за рахунок стоку ґрунтових вод.

На підставі цього можна зробити висновок, що в умовах достатнього та надмірного зволоження болота не зменшують величину середнього стоку, а або кілька збільшують, або не змінюють. В умовах же недостатнього зволоження болота, як і озера можуть трохи знизити величину стоку за рахунок збільшеного випаровування з поверхні боліт в порівнянні з випаровуванням з суші.

Що стосується впливу боліт на літні паводки, то вони залежать як від типу паводка, так і від попередньої паводку висоті стояння ґрунтових вод. Зливові паводки, які викликані короткими та інтенсивними зливами ,будуть повністю погашатися в болотному мікрорельєфі внаслідок малому об'єму цих паводків. Максимум дощових паводків, яки викликані довгими дощами та випали у період низького стояння ґрунтових вод, знижуються під впливом боліт у тій же мірі, як максимуми весняного водопілля. Опади, які випали при високому стоянні рівня ґрунтових вод у болотах, менше акумулюється болотами, ніж талі води, які стікають при зниженому стоянні рівня ґрунтових вод. Максимальні витрати цих паводків під впливом боліт знижуються незначно.

4.5 Агротехнічні заходи, які впливають на річний стік

Головними агротехнічними заходами, які впливають на річний стік є розорювання земель (особливо в районі недостатнього зволоження). Осіння (зяблева) оранка для зберігання вологи у ґрунті, снігозатримання, посадка лісових смуг. Всі ці агротехнічні заходи сприяють збільшенню скваженості та проникності ґрунтів, посиленню інфільтрації талих вод, у результаті чого знижується поверхневий стік зі схилів.

В маловодні роки при малих снігозапасах величина поверхневого стоку з розораних схилів знижується до нуля, а в багатоводні роки, навпаки, не набагато нижче величини стоку з покритих травою схилів.

Крім того, у степових районах значна частина снігу з відкритих ділянок, особливо з розораних, незахищених трав'яним покривом, та зі схилів здувається у русла гідрографічної мережі.

Вплив на річковий стік інших видів господарської діяльності людини, зокрема, будова водосховищ у руслах річок з метою регулювання стоку позначається головним чином в зоні достатнього та надмірного зволоження на перерозподіл стоку всередині року.

4.6 Узагальнення норми річного стоку по території басейну р.Прип'ять

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

Основні кліматичні чинники (опади та випаровування) мають зональний розподіл, що особливо чітко простежується на рівнинних територіях. У гірських районах широтна закономірність розподілу кліматичних величин змінюється висотним їх розподілом. Якщо стік є функція кліматичних чинників, то він також підлягає закономірності безперервної та плавної зміни, як опади та випаровування. Ці аргументи є основою до побудови карт ізолій середнього річного стоку.

На відміну від метеорологічних величин, які належать до тієї точки простору, в якій вони вимірюються, стокові величини відрізняються інтегральним характером, тобто відносяться не до місця вимірювання стоку, а до геометричних центрів водозборів.

Для узагальнення норми річного стоку по території басейну р. Прип'ять для невивчених річок важливе значення має визначення впливу на середнє значення річного стоку за багаторічний період місцевих чинників, але спочатку слід виключити вплив широтного положення водозборів.

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

$$\bar{q} = 39,9 - 0,71(\varphi^\circ - 51) . \quad (4.5)$$

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

$$\bar{q}_{\varphi=51} = \bar{q} - 0,71(\varphi^\circ - 51) , \quad (4.6)$$

де $\bar{q}_{\varphi=51}$ - 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 φ° 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.Виживка – с. Руда	4,3	16	1,23	51,20
4	р.Виживка – смт. Стара Виживка	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

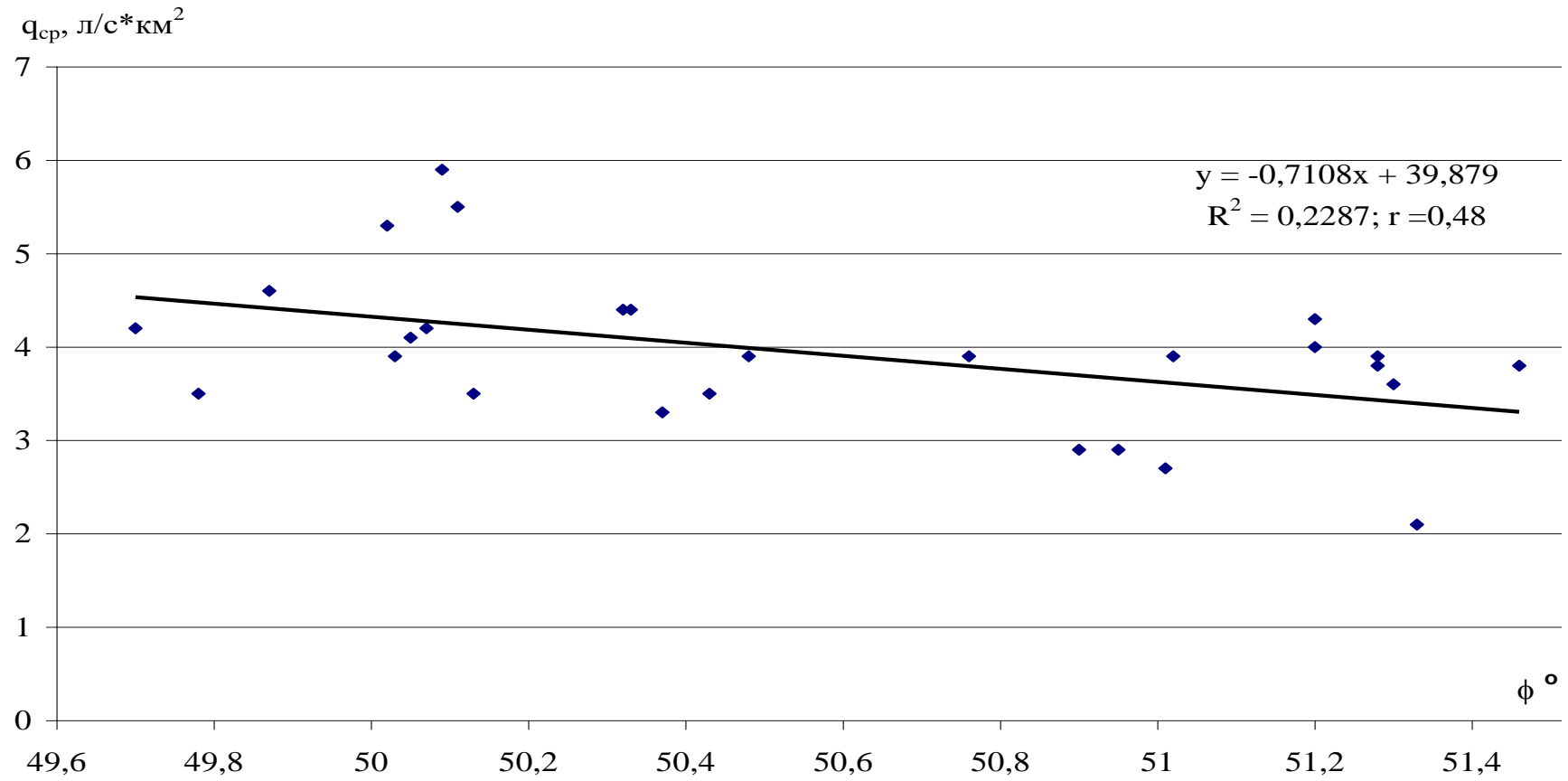


Рисунок 4.1 – Залежність середньорічних модулів річного стоку від широтного положення водозборів в басейні р. Прип'ять

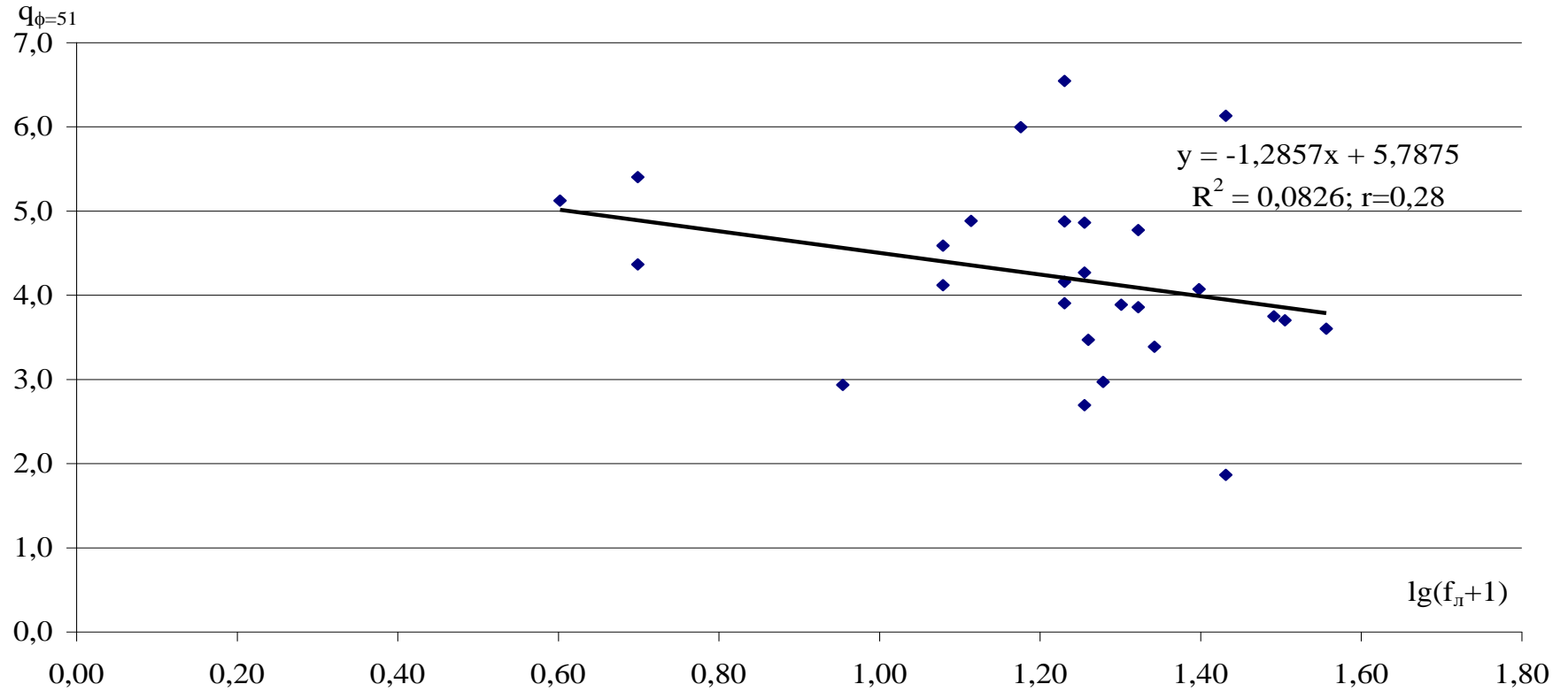


Рисунок 4.2 – Залежність середньорічних модулів річного стоку, приведених до широти 51° від залісеності водозборів в басейні р. Прип'ять

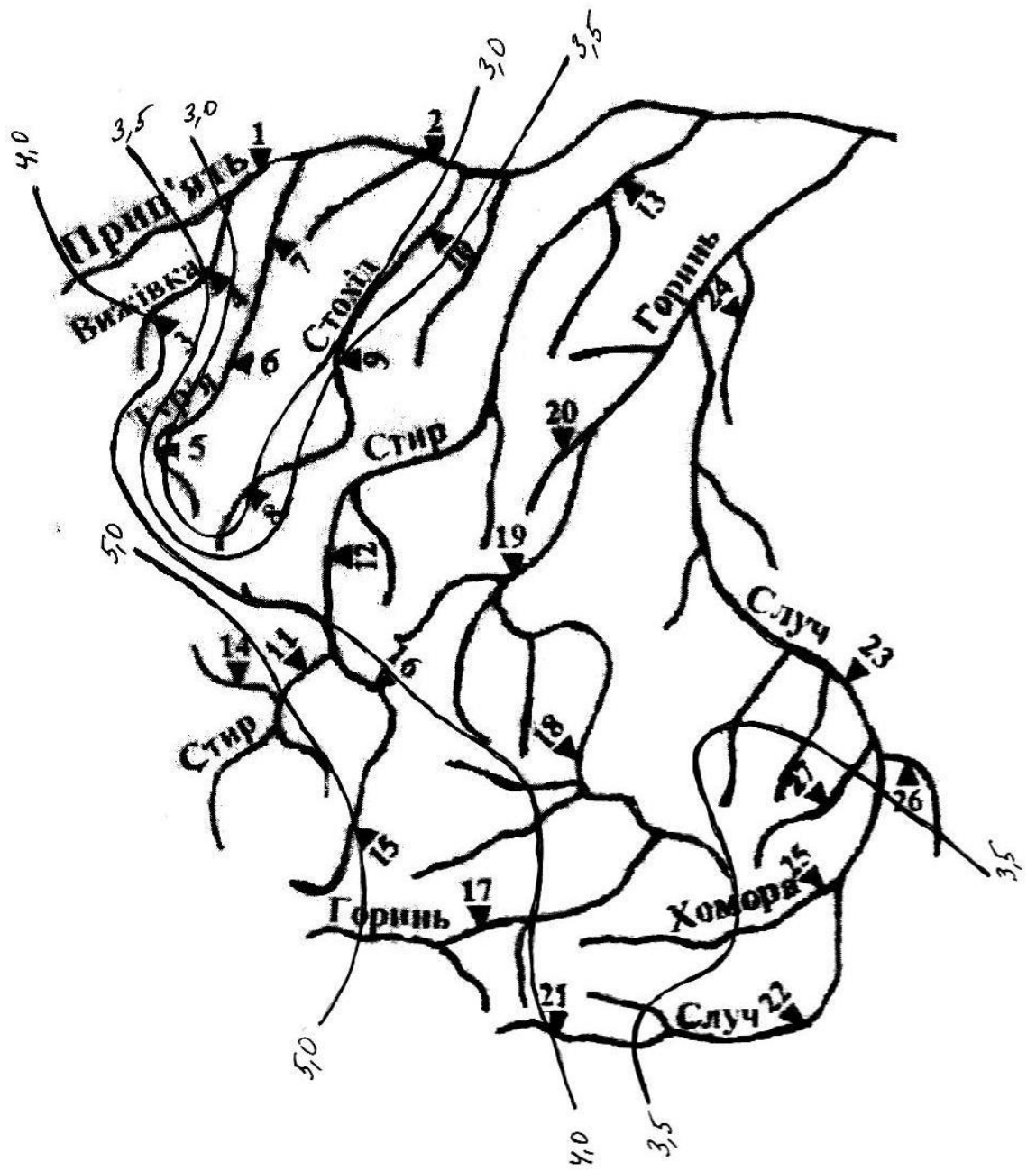


Рисунок 4.3 – Карта ізолій норми річного стоку в басейні р. Прип'ять

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.

4.7 Узагальнення коефіцієнтів варіації часових рядів річного стоку в басейні р. Прип'ять

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

- у методі моментів – від 0,22 до 0,67.
- у методі найбільшої правдоподібності – від 0,22 до 0,68.

Порівняння коефіцієнтів варіації, встановлених за методами моментів і найбільшої правдоподібності приведені на рис. 4.4. Майже в усьому діапазоні має місце задовільна збіжність C_v . Коефіцієнт кореляції $r=0,99$.

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

Для узагальнення коефіцієнтів варіації річного стоку по території басейну р. Прип'ять була побудована залежність $C_v = f(\varphi^\circ)$ (рис. 4.5). Коефіцієнт кореляції $r = 0,6$ і є значимим. Також була досліджена залежність коефіцієнтів варіації від площі водозборів досліджуваної території (рис 4.6), значущих закономірностей в зміні коефіцієнтів варіації під дією площ водозборів не виявлено.

З огляду на виражену залежність $C_v = f(\varphi^\circ)$, можна узагальнити C_v по території у вигляді карти ізоліній.

Значення коефіцієнтів варіації наносяться на карто-схему до геометричних центрів водозборів. Ізолінії проведені через 0,1 і зменшуються від 0,60 у напрямку з півночі і північного заходу на південь і південний схід до 0,30 (рис. 4.7).

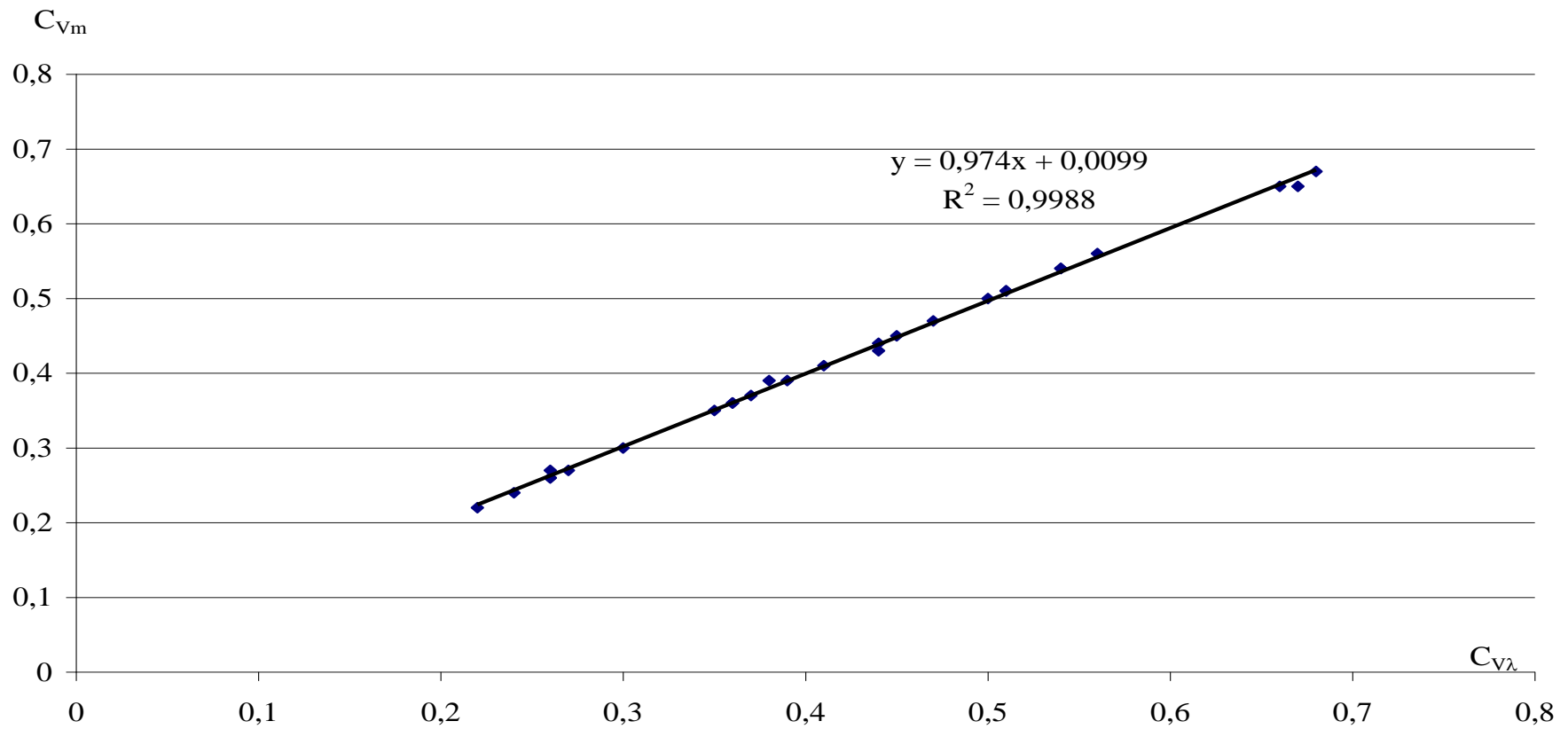


Рисунок 4.4 - Зіставлення коефіцієнтів варіації річного стоку в басейні р. Прип'ять, отриманих за методами моментів та найбільшої правдоподібності

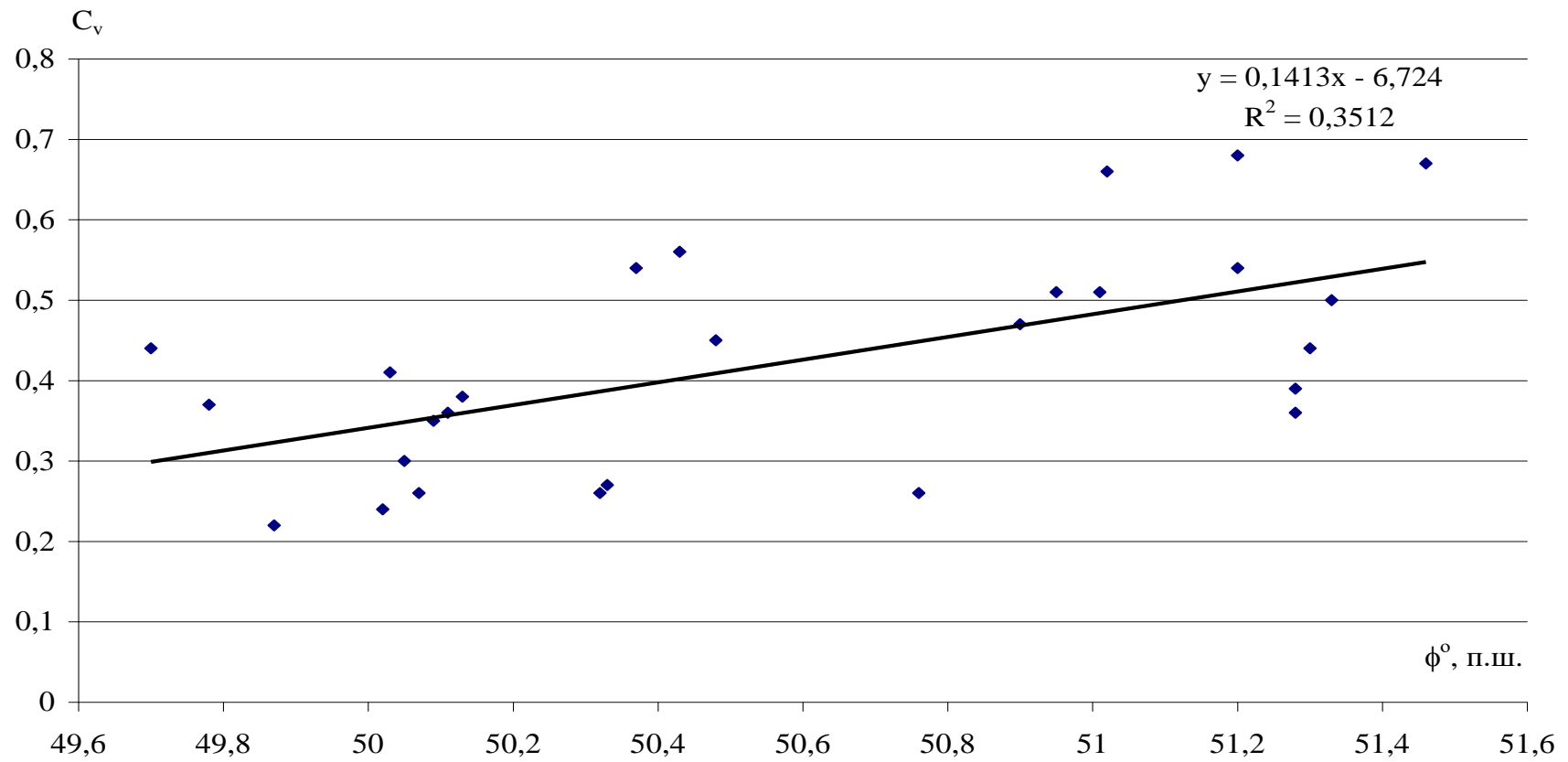


Рисунок 4.5 – Залежність коефіцієнтів варіації від широтного положення водозборів в басейні р. Прип'ять

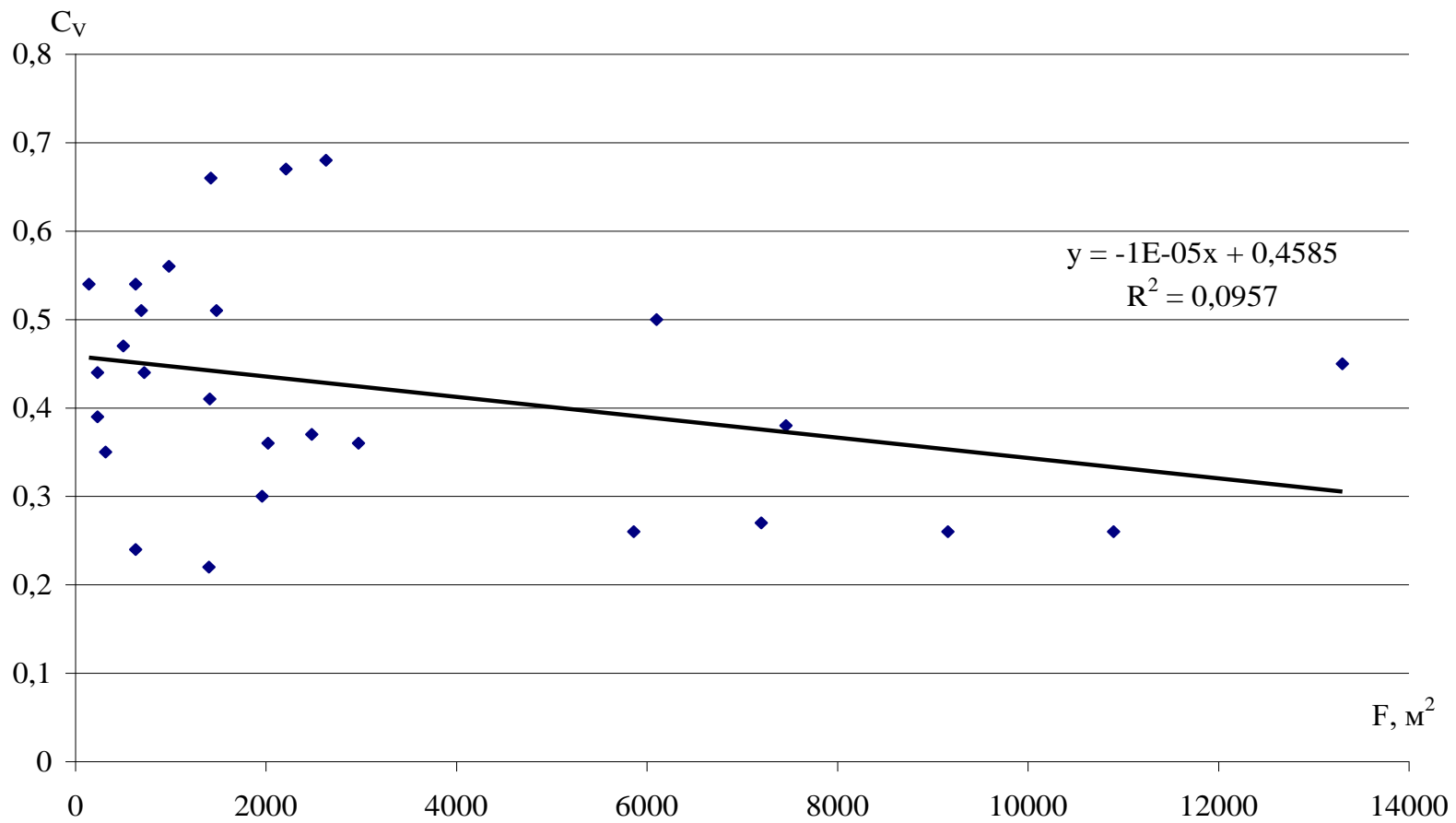


Рисунок 4.6 – Залежність коефіцієнтів варіації від площі водозборів в басейні р. Прип'ять

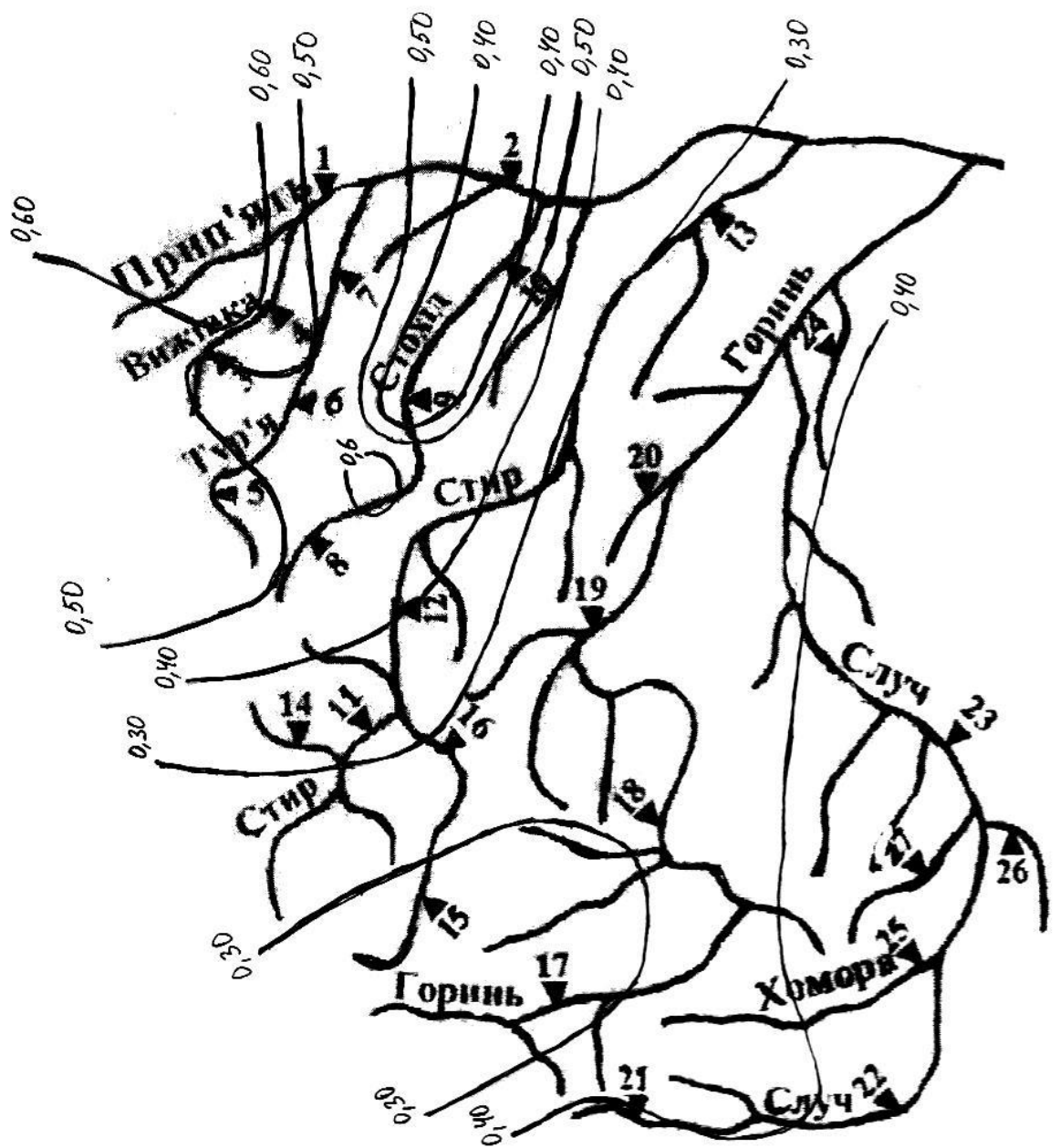


Рисунок 4.7 – Карта ізолій коефіцієнтів варіації в басейні р. Прип'ять

4.8 Перевірочні розрахунки

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

$$\Delta q = \frac{|q_{\phi} - q_p|}{q_{\phi}}, \quad (4.7)$$

$$\Delta C_v = \frac{|C_{v\phi} - C_{vp}|}{C_{v\phi}}, \quad (4.8)$$

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

№ поста	Річка – пост	F , км ²	\bar{q}_f , л/(с·км ²)	\bar{q}_p , 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	10900	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	13300	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 роботи можна зробити наступні висновки:

1. У магістерській 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 $\sigma_{\bar{q}}$ в середньому дорівнює 5,94%, а коефіцієнтів варіації в середньому σ_{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, Стьюдента 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 $\bar{q} = f(\varphi^\circ)$. Залежність, яку отримано, дозволяє всі дані привести до однієї широти 51° пн. ш.

12. Приведені до однієї широти дані використані для побудови залежності $\bar{q}_{\varphi=51} = f(f_l + 1)$.

13. Враховуючи виражену залежність \bar{q} від φ° пн.ш., побудована карто-схема норми річного стоку.

11. Для узагальнення коефіцієнтів варіації річного стоку по території басейну р. Прип'ять була побудована залежність $C_v = f(\varphi^\circ)$. Коефіцієнт кореляції $r=0,6$ і є значимим. Згідно з цим, виконано узагальнення C_v по території у вигляді карти ізоліній.

15. На підставі узагальнення норми річного стоку та коефіцієнтів варіації по басейну р.Прип'ять були виконані перевірочні розрахунки. Отримані результати: $\Delta\bar{q} = 7,1\%$, а $\Delta C_v = 10,8\%$, які задовольняють вимогам нормативного документа СНіП 2.01.14-83 і відповідають вихідній інформації

16. Отримані карти можуть бути використані для невивчених річок басейну р. Прип'ять.

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

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., Школьний Є.П. та ін. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України: [монографія] / колектив авт.: С.М. Степаненко, А.М. Польовий, Є.П. Школьний [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. Гопченко Є.Д., Крес Л.Є., Романчук М.Є. Гідрологія (суші). Конспект лекцій. – Одеса: Екологія, 2008. – 196 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.