

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Гідрометеорологічний інститут
Кафедра гідрології суші

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: Мінімальний стік зимової межені в басейні р.Прип'ять в межах
України

Виконала студентка групи ГО-41
спеціальності 103 Науки про Землю
Іваничко Тетяна Віталіївна

Керівник д-р. геогр. наук, доц.
Овчарук Валерія Анатоліївна

Консультант _____

Рецензент д-р. геогр. наук, проф.
Хохлов Валерій Миколайович

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри гідрології суші

Шакірманова Ж.Р.

“ 05 ” _____ травня _____ 2021 року

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

студенту(ці) _____ Іваничко Тетяна Віталіївна _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ Мінімальний стік зимової межені в басейні р.Прип'ять в межах України _____

керівник роботи _____ Овчарук Валерія Анатоліївна, д-р. геогр. наук, доц. _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ОДЕКУ від _____ “18” грудня 2020 року №254 «С»,
_____ “05” травня 2021 року №61 «С» _____

2. Строк подання студентом роботи _____ 31.05.2021 р. _____

3. Вихідні дані до роботи _____ 1. Щорічні данні спостережень за мінімальним стоком зимової межені в басейні р. Прип'ять; _____

_____ 2. Гідрографічні та морфологічні характеристики річок басейну Прип'яті в межах України; _____

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

_____ 1. Коротка фізико-географічна характеристика досліджуваної території;

_____ 2. Статистична обробка вихідної інформації по мініальному стоку зимової межені в басейні р. Прип'ять;

_____ 3. Дослідження циклічності коливань меженного стоку;

_____ 4. Оцінка репрезентативності отриманих статистичних параметрів

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

_____ 1. Карто-схеми фізико-географічного положення досліджуваної території, рослинності та ґрунтів в межах басейну, картосхема розташування гідрологічних постів. _____

_____ 2. Різницево-інтегральні криві зимового меженного стоку в басейні р. Прип'ять

_____ 3. Хронологічні графіки витрат зимової межені _____

Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 05.05.2021 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	Дослідження фізико-географічних умов формування зимової межени в басейні р. Прип'ять (українська частина)	05.05-07.05.2021		
2.	Короткий огляд методів розрахунку мінімальних витрат води при наявності, недостатності та відсутності вихідної інформації	07.05-10.05.2021		
	Рубіжна атестація	11.05-15.05.2021		
3.	Статистична обробка вихідної інформації по мініальному стоку зимової межени	15.05-20.05.2021		
4.	Аналіз циклічності коливань та наявності трендів в часових рядах стоку зимової межени річок басейну Прип'яті в межах України	21.05-25.05.2021		
5	Дослідження впливу місцевих та зональних факторів на розрахункові характеристик зимової межени	25.05-31.05.2021		
	Перевірка роботи на плагіат	01.06-02.06.2021		
	Підготовка доповіді, презентації	01.06-14.06.2021		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)			

Студент _____ **Іваничко Т.В.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ **Овчарук В.А.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Зміст

Вступ.....	5
1 Фізико-географічна характеристика басейну річки Прип'ять (українська частина).....	6
1.1 Загальні відомості.....	6
1.2 Геологічна будова і рельєф.....	7
1.3 Ґрунти та рослинність.....	8
1.4 Кліматична характеристика.....	11
1.5 Водний режим і гідрологічна вивченість.....	15
1.6 Гідрометеорологічна вивченість території басейну.....	18
2 Огляд методів для розрахунку мінімального стоку річок.....	19
2.1 Розрахунок мінімального стоку річок при наявності даних спостережень	19
2.2 Розрахунок мінімального стоку при коротких рядах спостережень	22
2.3 Розрахунок мінімального стоку за відсутності даних спостережень.....	27
3 Методи статистичної обробки гідрометеорологічної інформації.....	30
3.1 Критерії однорідності часових рядів.....	30
3.2 Тренди та циклічність в гідрологічних рядах	34
3.3 Визначення статистичних параметрів часових рядів	36
4. Результати статичної обробки часових рядів мінімального стоку зимової межені в басейні р. Прип'ять в межах України.....	40
4.1 Оцінка однорідності часових рядів мінімального стоку зимової межені	40
4.2 Дослідження трендів та циклічності у рядах мінімального стоку зимової межені в басейні р. Прип'ять в межах України.....	44
4.3 Визначення статистичних параметрів мінімальному стоку зимової межені в басейні р. Прип'ять в межах України.....	47
5 Дослідження впливу зональних та інтрозональних факторів на зимової межені в басейні р. Прип'ять в межах України.....	53
Висновки.....	58
Список використаних джерел.....	59
Додаток А	60
Додаток Б.....	71

ВСТУП

Під *мінімальним стоком* слід розуміти найменший низький стік, який має місце протягом року. Розрахунки мінімального стоку, особливо для невивчених водотоків, складають найбільш відповідальну частину всього гідрологічного розрахунку.

Мінімальні витрати води, що визначають собою водні ресурси річок в саме маловодну пору року, становлять великий практичний інтерес. Вони враховуються при вирішенні найрізноманітніших водогосподарських завдань: проектування гідравлічних станцій для виробки дешевої енергії, водопостачання міст, сільських населених пунктів, залізничного транспорту.

Мета і завдання бакалаврської кваліфікаційної роботи полягають в оцінці однорідності мінімального стоку за зимовий період; дослідження трендів та циклічності в рядах мінімального стоку за період зимової межені; статистичній обробці вихідних даних та дослідженні впливу зональних на місцевих факторів на характеристики стоку зимової межені.

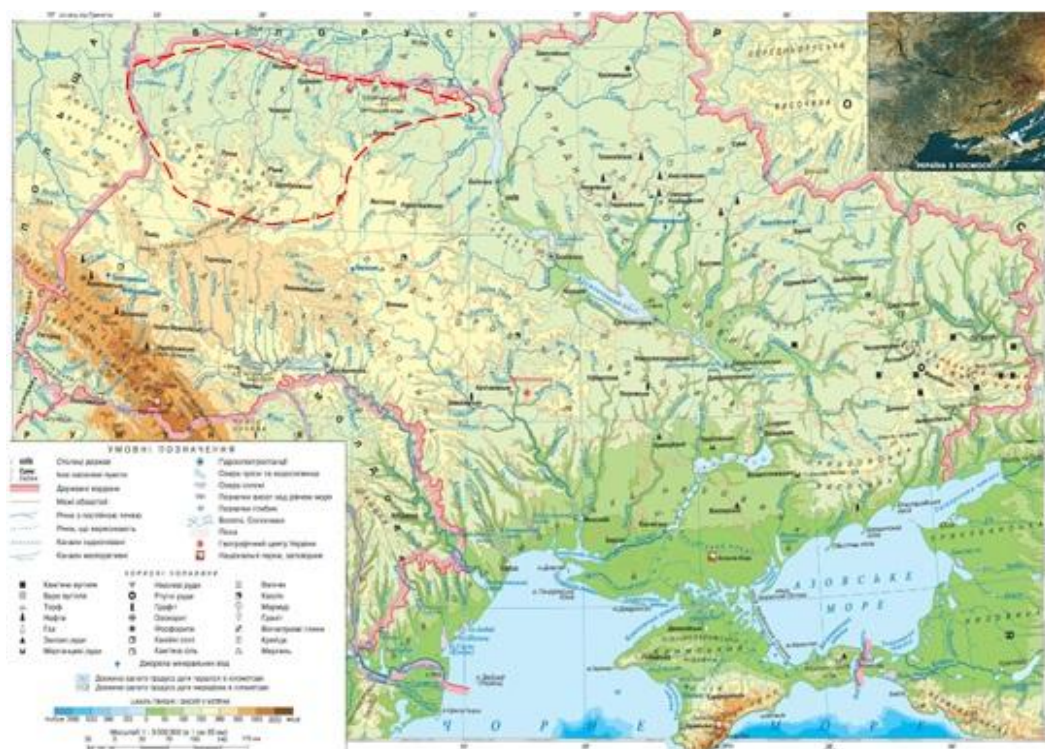
Об'єкт дослідження – мінімальний стік зимової межені в басейні р. Прип'ять в межах України.

Практичне значення виконаних досліджень складається в надійному обґрунтуванні розмірів гідротехнічних споруд на річках при їх проектуванні, що дозволить раціональніше використовувати водні ресурси регіону та запобігти їх виснаженню.

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНУ РІЧКИ ПРИП'ЯТЬ (УКРАЇНСЬКА ЧАСТИНА)

1.1 Загальні відомості

Прип'ять — одна із значних річок України (Волинська, Рівненська та Київська області) та Білорусі (Брестська і Гомельська області). Довжина її складає 775 км, площа басейну 114 300 км². Свій початок Прип'ять бере на Волинській височині, через 204 км нижче за течією вона перетинає кордон Білорусі; останні 50 км річка протікає в Україні та впадає в Київське водосховище [1].



Умовні позначення:

--- границя басейну р. Прип'ять (українська частина)

Рисунок 1.1 – Фізико-географічне положення басейну р. Прип'ять (українська частина) [2]

1.2 Геологічна будова і рельєф

Рельєф території чергується моренними горбистими височинами з плоскими рівнинними ділянками [1]. На південний схід від Білоруського пасма знаходяться прильодовикові рівнини, які на південь переходять в плоску заболочену Поліську низовину, слабо нахилену від Західного Бугу до Дніпра і складену водно-льодовиковими і стародавніми озерно-річковими відкладами. Моренні пасма і горби досить рідкісні в Поліссі.

Територія басейну р. Прип'ять знаходиться на Волино-Подільській плиті. По північно-східній частині Подільської височини протікають річки Случ, Горинь, а на північно-західному схилі беруть свій початок р.Стир і її права притока р. Іква. Відмітки поверхні Подільської височини в межах розгляданого басейну сягають 407 м в районі міста Кременця на вододілі між річками Іквою і Вілією; максимальні відмітки поверхні вододілів Вілія-Горинь і Горинь-Случ сягають 320 м. Різниця висот в районі Кременецької височини сягає 200 м, а далі на схід зменшується до 60-40 м.

Річки Іква і Стир перетинають східну частину Малополіської рівнини – обширу, відносно пониженої область, яка відокремлює Подільську височину (на півдні) і Волинську височину. Ця неглибоко розклинена рівнина має відмітки поверхні порядку 230-240м. Волинська височина розтягнута в широтному напрямі і перетинається річками Стир і Горинь.

Територія Полісся включає в себе низовину з загальним нахилом Правобережної її частини на північ в бік р. Прип'ять. У зв'язку з загальним орієнтованим нахилом місцевості усі річки Правобережного Полісся мають направлений стік у бік р. Прип'ять. Середні висоти складають 100-150 м. Рельєф Полісся в загалі рівнинний, його монотонність достатньо часто порушують гранітні скали і невеликі лесові острови. Характеризується чітко вираженою глибиною і плоскісною ерозією, яка інколи набуває катастрофічних розмірів. Характерною рисою Поліської зони є її слаба дренажність і при цьому обилля мезо- і мікро форм рельєфу [1].

1.3 Ґрунти та рослинність

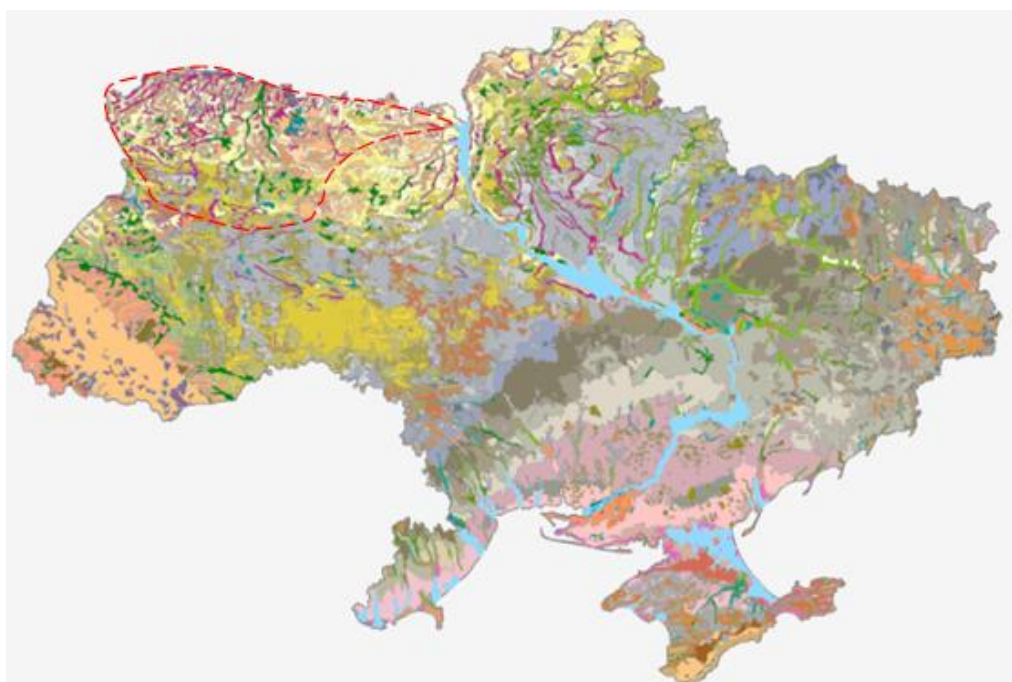
Більша частина території басейну Прип'яті розташована у південно-західній частині Полісся. Геологічна історія території цієї області різноманітна. Граніти переважно перекриті крейдяними відкладеннями. На сході щільні породи залягають глибоко. Граніти поступово змінюються палеогеновим відкладеннями полтавського і харківського ярусів, а в східній частині Лівобережного Полісся близько до поверхні підходять мело-мергельні відкладення.

Як граніти, так і крейда є хорошим водоупором і сприяють близькому заляганню до поверхні ґрунтових вод, а отже, і суцільному заболочуванню території.

Дерново-підзолисті глинисті і глинисті, переважно глинисто-піщані ґрунти. В основному вони поширені в північній частині правобережного Полісся - від Правобережжя Тур'ї і до лівобережжя Ужа. Приурочені вони до плоского недренованого зниження мезорельєфа і балкам стоку з близьким (в в'язкі на глибині 1,5-2,5 м, в глейовими 1,0-1,5 м в літній період) до поверхні рівнем ґрунтових вод, що призводить тривале перезволоження профілю, а в окремих випадках - навіть і заболочування [1].

На виходах крейдових порід в районах Малого Полісся, а також в центральній частині Волинського Полісся зустрічаються дернові карбонатні чорноземні ґрунти, часто в комплексі з дерново-підзолистими ґрунтами, переважно пилувато-супіщаного і легкосуглинистого механічного складу.

Торф'яно-болотні ґрунти і низинні торфовища, приурочені до великих зниженням вододілів, притерасних низин і прохідним долинах. Використовуються вони частково як малоцінні кормові угіддя, велика частина яких представляє собою осоково-вільхові болота [1].



- Лучні та чорноземно-лучні ґрунти
- Чорноземи на щільних глинах
- Чорноземи солонцюваті на щільних глинах
- Ясно-сірі опідзолені ґрунти
- Сірі опідзолені ґрунти
- Дерново-слабопідзолисті глейові піщані та глинисто-піщані ґрунти
- Дерново-середньо- і сильнопідзолисті глейові супіщані та суглинкові ґрунти
- Дерново-середньо- і сильнопідзолисті поверхнево-оглесні переважно суглинкові ґрунти
- Торфовища низинні та торфово-болотні ґрунти

Рисунок 1.2 – Карта ґрунтового покриття в басейні р. Прип'ять
(українська частина) [2]

Ефективна родючість торфовищ низька. Однак при регулюванні водно-повітряного режиму родючість ґрунтів помітно підвищується, і їх можна використовувати під кормові, овочеві та технічні культури.

Заплавні і балочно-долинні ґрунти. Заплавні землі в переважній більшості випадків представляють дуже цінний земельний фонд, придатний під інтенсивне використання, особливо під овочеві культури. Цьому сприяє значне багатство заплавних ґрунтів, з'єднаних з особливо сприятливим водним режимом в зв'язку з затопленням їх весняними паводковими водами і неглибоким заляганням ґрунтових вод [1].

Рослинність. При вивченні процесів формування стоку велика увага повинна приділятися не тільки таким факторам, як рельєф, геологічна будова, ґрунти, але також і рослинному покриву. Рослинність своїм корінням скріплює ґрунт, створює шорстку поверхню, механічно перешкоджаючи збільшенню швидкості стоку води, і тим самим створює велику водопроникність.

Поліська підпровінція характеризується переважно дубово-сосновими лісами. Крім лісів, великого поширення мають заплавні і внепоймені луки і болота.

Дубово-соснові ліси поширені в південній частині Західно-Поліського округу. Вони представлені переважно орляковими, чорничними і долгомішними групами асоціацій [1].

Дубово-соснові орлякові ліса складають 55% площі дубово-соснових лісів. Деревостій двох'ярусний, з зімкнуті крон 0,7-0,9. У першому ярусі панує сосна звичайна I-Ia бонітету. Другий ярус утворює дуб звичайний II-III бонітету.

Дубово-соснові ліси чорничні займають знижені рівні ділянки і глибокі западини. Деревостій двох'ярусний, з зімкнуті крон 0,7-1,0. На відміну від попередньої групи асоціацій, сосна звичайна росте трохи гірше і має бонітет не вище I; дуб звичайний росте краще. Підлісок рідкий. Трав'яний-кустарничковий ярус утворюють чорниця і орляк з домішкою брусниці та ін. Мохова покрив рідкісний.

Дубово-соснові ліси займають найбільш понижені ділянки з глибиною залягання ґрунтових вод 0,7-2,5 м. Деревостій двох'ярусний, з зімкнуті крон 0,7-0,9. У першому ярусі знаходиться сосна звичайна II-III бонітету; у другому ярусі дуб звичайний або вільха липка.

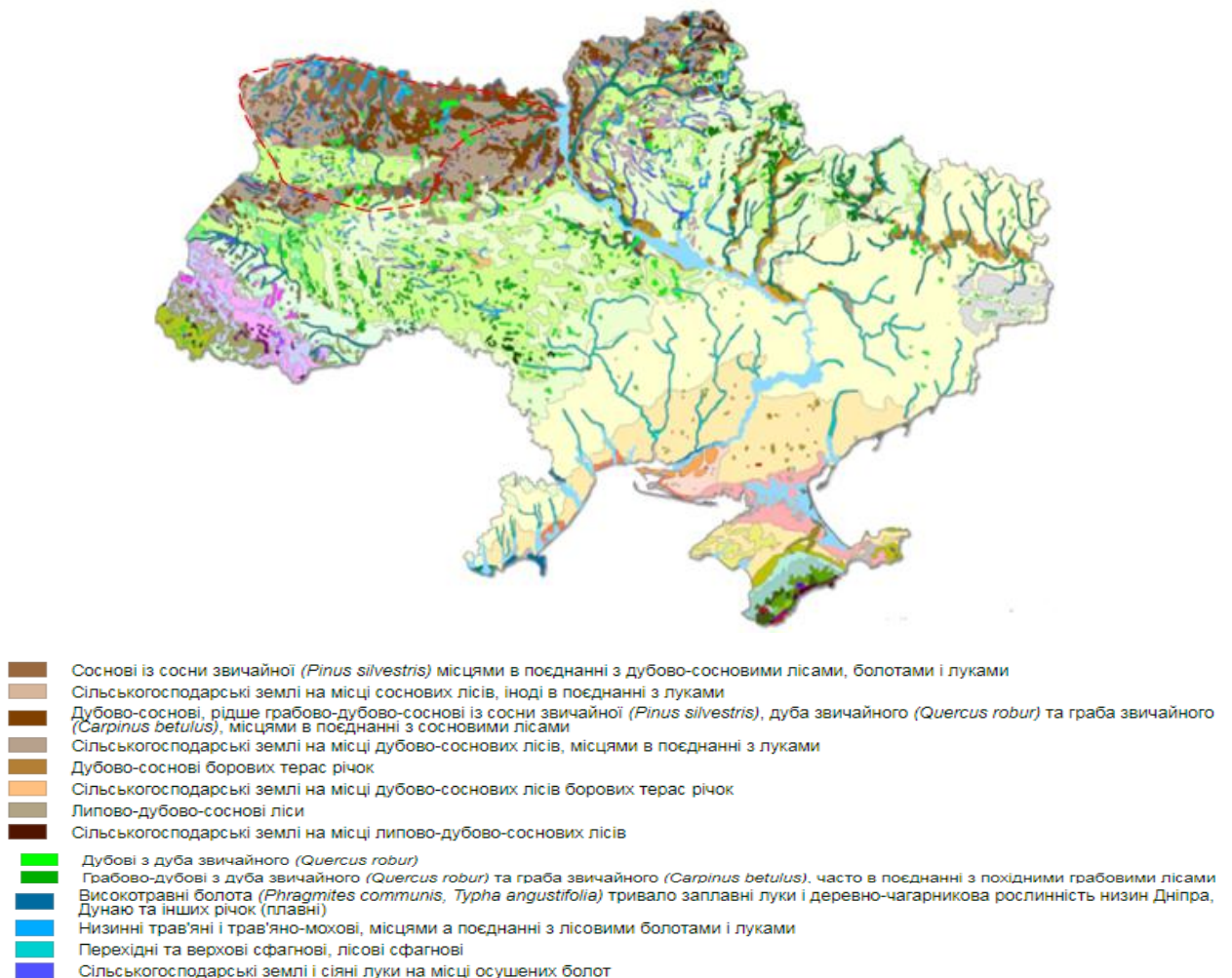


Рисунок 1.3 – Карта рослинності в басейні р. Прип'ять
(українська частина) [2]

1.4 Кліматична характеристика

Основні риси клімату території, яка описується, формуються під впливом загальних та кліматоутворюючих факторів. Головним є приток тепла від сонця, який в основному залежить від географічної широти місцевості. Важливим фактором є також атмосферна циркуляція [3].

Характер та інтенсивність основних кліматоутворюючих факторів значно різняться по сезонам року.

Зимовий сезон, як і все холодне півріччя, характеризується переважною роллю циркуляційного фактора. Зимою досить розвинена циклонічна діяльність. Перехід до холодного періоду пов'язаний з початком вторгнення арктичного повітря, яка обумовлює різкі й значні похолодання, перші морози і сніг. Повторюваність та інтенсивність цих вторгнень взимку поступово збільшується. Перехід до *весняного періоду* характеризується збільшенням ролі радіаційного фактора і посиленням впливу підстильної поверхні. *Влітку* вторгнення арктичного повітря майже припиняється. Атмосферні процеси характеризуються посиленням азорського антициклону. В цілому погодні умови літнього сезону відрізняються значним підвищенням температури повітря за рахунок прогріву земної поверхні, великою повторюваністю ясних днів, нечастими туманами, збільшенням кількості опадів і активною грозовою діяльністю. Протягом *осіннього сезону* азорський антициклон повністю руйнується. Замість нього в жовтні-листопаді починає розвиватися сибірський антициклон [4].

Температура повітря. Процеси, що відбуваються у географічному середовищі, зумовлюються термічними умовами. Однією з основних метеорологічних величин вважається температура повітря. Вона визначає характер та режим погоди, впливає на різнобічну життєдіяльність людини [3].

Температурний режим визначається особливостями атмосферної циркуляції та характером підстильної поверхні. В теплу пору року температурний режим визначається радіаційними факторами; також значний вплив оказує підстильна поверхня. Для літа характерні слаборозвинуті області підвищеного та зниженого тиску. При таких процесах тривалий час утримується суха погода з інтенсивним підвищенням температури. Зменшення мінливості температури обумовлено ослабленням циклонічної діяльності [4].

Липень – найтепліший місяць року. На північному заході та заході температура повітря складає 18,0-20,0, на півночі та північному сході 19,0-21,0, біля півдня підвищується до 21,0 – 23,0. Середньорічна температура складає 5,0-7,0. Для характеристики весняного сніготанення велике значення мають

терміни весняного переходу середньодобової температури повітря через 0° та 5°C . Перехід температури повітря через -5° весною в південних та західним районах не щорічне. Стійки періоди з температурами -5° спостерігаються в кінці лютого – на початку березня на сході, а в центральних областях – у другій декаді лютого. Стійким переходом температури через 0 визначається початок весни. В першій декаді березня на півдні та заході – весна настає раніш за все. Найбільш пізно – в третій декаді березня – на півночі території. Перехід температури через -5° на північному сході та півночі відбувається в грудні (кінець першої та другої декади), на більшій частині території – кінець грудня, на півдні – перша декада січня; лише на заході не має періоду з середньодобовими температурами нижче -5° [4].

Опади. Важливою характеристикою зволоження є опади. Вони – головне джерело поновлення водних запасів і вологи у ґрунті. Утворення і випадання опадів – наслідок макро- циркуляційних процесів, які визначають тепло і волого обмін в атмосфері. Перенесення повітряних мас тісно пов'язане з циклонічною діяльністю. Основна кількість опадів випадає з фронтальних хмар. Влітку невелика частина опадів випадає у тилу циклонів безпосередньо з морських повітряних мас у вигляді опадів конвективної нестійкості. Важливе значення мають опади із тропічного повітря. Останнє, переміщуючись з південного сходу через південну і південно-західну периферію антициклону, зволожується і дає велику кількість опадів зливового характеру [4].

Місцевий циклогенез має певну роль у збільшенні літніх опадів. У середньому для басейну річки Прип'ять випадає від 650 до 700 мм з максимумом у липні (приблизно 100 мм) та мінімумом у січні-березні (приблизно 40 мм). В окремі роки кількість опадів може досягати 146 мм. Для потреб народного господарства необхідно мати дані о повторюваності опадів різної величини. Розподіл кількості днів з опадами різної величини володіє доброю стійкістю за територією. Найбільше практичне значення мають добова кількість опадів; вони враховуються при гідрологічних та будівельних

розрахунках, для того, щоб вірно розрахувати випаровування з поверхні водою [3].

Річний хід опадів має свої особливості. Місячна кількість опадів на Поліссі перевищує 45 мм. Починаючи з березня кількість опадів поступово збільшується майже до липня. У червні кількість опадів перевищує 75 мм, місяцями досягає 100 мм. На липень припадає річний максимум опадів (приблизно 85 мм). У вересні на Поліссі випадає 45-55 мм, у листопаді та грудні кількість опадів збільшується. Отже, на території спостерігається континентальний тип річного ходу опадів, за якого кількість опадів теплого періоду втричі перевищує кількість опадів холодного періоду [3].

Бездошові періоди. Бездошові періоди обумовлюються орографічними та циркуляційними факторами. 70% усіх злив відзначається в червні та липні. Рясні дощі мають середню інтенсивність 0,34 мм/хв та тривалість від години до доби [3].

Періоди бездощів'я змінюються з періодами випадіння опадів. Дані о періодах бездощів'я необхідні для багатьох галузей народного господарства. Наприклад, для проектування споруд над відкритим небом, та при вирішенні інших задач народного господарства. Бездошові періоди схильні до значних коливань в просторі та часі. Протягом року (з забезпеченістю 50%) можна очікувати бездощів'я на північному заході басейну до 15-20 днів, на південь тривалість збільшується до 30 днів. В періоди бездощів'я затрати тепла на випаровування досить малі. Тепло, яке поступає, витрачається на нагрів земної поверхні, внаслідок чого бездошові періоди супроводжуються високими температурами. При тривалому періоді без дощу спостерігаються температури близько 40. При швидкому зростанні температури різко знижується відносна волога, в результаті чого складаються умови для виникнення суховіїв та атмосферної засухи [3].

Сильний дощ. Сильним дощем вважається дощ, за який випадає 30 мм і більше опадів за 12 год і менше. Для сильного дощу характерний виражений річний хід. На території, що розглядається, повторюваність дощів дорівнює 70-

80% і 30-40%. Тут спостерігається по 2-3 випадки зі рік з дощем 30 мм і більше та 1-2 випадки з дощем 50 мм і більше. У період глобального потепління частота сильних дощів дещо збільшилася. Сильні дощі з кількістю опадів 30 мм і більше спостерігаються у 65%, а з опадами 50 мм і більше – у 10-20% (один раз за 5 – 10 років) [4].

Складна взаємодія макро– та мікромасштабних процесів зумовлює випадання сильних опадів. Повторюваність та кількість опадів залежить не тільки від фізико-географічних умов, а також й від місцевих особливостей території [4].

Інтенсивність опадів. Інтенсивність опадів – кількість опадів, що випадає за одиницю часу. Зазвичай розраховують середню і максимальну інтенсивність опадів за визначений час. У теплий період року (квітень-жовтень) інтенсивність опадів різко збільшується, особливо у літні місяці, і залишається постійною (0,021-0,056 мм/хв за місяць). Добові максимуми опадів в основному є результатами інтенсивних злив. Значні і сильні опади випадають найчастіше влітку. На території найчастіше відмічаються особливо сильні дощі з середньою інтенсивністю впродовж усього періоду випадання від 0,06 до 0,10 мм/хв [4].

1.5 Водний режим і гідрологічна вивченість

Умови формування меженого стоку річок території, яка розглядається, вельми різноманітні. Це обумовлюється не тільки різницею фізико-географічних факторів, більша частина котрих схильна до географічної зональності, але і інтразональними факторами – геологічними особливостями басейнів річок.

Поверхневі та підземні води формуються за рахунок атмосферних опадів, які випадають на поверхню водозборів річок. Кількість опадів, характер їх випадання, інтервали між черговими дощами різні у різних районах; різні також і втрати осадків, які випали на випаровування та транспірацію. Тому в різних

районах у формуванні стоку поверхневих та підземних вод приймає участь різна кількість опадів [1].

Найбільша кількість опадів за рік випадає на північному заході, в басейнах правих приток річки Прип'яті. Ця територія розташована в зоні надлишкового зволоження, де щорічно опади витрачаються на формування поверхневого (50-70 мм) та підземного (16-21 мм) стоку. Південна частина Нижнього Подніпрів'я знаходиться в зоні недостатнього зволоження; кількість талих вод там відносно мала, дощі випадають рідко та перерви між ними досить тривалі. В формуванні поверхневих вод приймає участь всього 5-20 мм опадів, а підземних – 0-4 мм. В зв'язку з цим, річки часто та на тривалий час пересихають. Місцеві горизонти підземних вод непостійні, а глибокі – малопотужні. Тому можливі часті випадки поглинання поверхневих вод алювіальними відкладеннями, а потім їх попадання в підземні водоносні горизонти. Часто деякі річки пересихають саме на цих ділянках [1].

Таким чином, у різних частинах території на харчування підземних вод витрачається різна кількість вологи, що позначається на характері участі підземних вод в процесі формування мінімального стоку річок. В зоні надлишкового зволоження, де в більшості випадків підземні води залягають неглибоко, часто та швидко відбувається поповнення їх запасів поверхневими водами, внаслідок чого відтік підземних вод у річкову мережу більш або менш тривалий і постійний. Опади, які випали, за короткий період проникають до горизонту підземних вод, майже повсюдно тут поширеного, завдяки малопотужному шару водопроникних покровних відкладень, характерному для північної частини території. Постійним та підвищеним підземним харчуванням відрізняються праві притоки річки Прип'яті, стік яких формується на закарстованих водозборах. У верхів'ях ці річки врізани в товщу трищінуватих і закарстованих мело мергельних відкладень, які виходять на денну поверхню не тільки в річкових долинах, але й на вододілах [1].

В районах мало зволжених – в лісостепової і степової частинах території – харчування річок підземними водами слабке та нестійке. Тому річки, долини

яких дренують лише горизонти верховодки, мають короткочасний період стоку води, який на декілька днів перевищує період стоку поверхневих вод з водозбору. Значний вплив на меженний стік річок надає господарська діяльність людини, особливо на річках південної частини території, де гостро відчувається недолік атмосферних опадів. Тут поверхневий стік використовується на зрошення, водопостачання та поповнення підземних вод, тому частіш за все тут річки пересихають. Облік втрат поверхневих вод на господарські потреби не ведеться, внаслідок чого оцінити ступінь впливу господарської діяльності людини на меженний стік не представляється можливим [1].

Маловодні періоди та їх тривалість. Найбільш ранній початок літньо-осінньої межени на правобережних притоках р. Прип'яті відзначається в першій декаді травня в межах Поліської низовини; на річках, які протікають по Волино-Подільському плато та Українському кристалічному щиту, межень починається раніше, в другій та третій декадах квітня. Середня тривалість літньо-осінньої межени на річках дорівнює 120-140 днів, а для височин – 140-160 днів. Найбільша тривалість літньо-осінньої межени на правих притоках р. Прип'ять коливається в межах 180-220 днів. Середня тривалість найбільш маловодного періоду складає 20-30 днів для рік низовини; на річках зі слабким підземним живленням вона складає 30-50 днів. Найбільша тривалість маловодного періоду змінюється в межах 60-140 днів на річках низовини та 30-60 днів на річках височини. Кінець літньо-осінньої межени відноситься до третьої декади листопада – першої половини грудня [1].

Початок зимової межени відноситься до третьої декади листопада та першої-другої декади грудня. На річках Прип'ятського Полісся найбільш ранній початок зимової межени відзначено в третьої декаді листопада – першої декаді грудня.

Середня тривалість грудня зимової межени становить 60-80 днів, найбільша тривалість – 100-120 і 160 днів. Закінчення зимової межени в основному випадає на березень.

1.6 Гідрометеорологічна вивченість території басейну

У межах досліджуваної території розташовано 21 гідрологічний пост. Гідрологічна вивченість Прип'яті загалом задовільна, про свідчить рис. 1.4. та табл.1.1, 1.2. Річки басейну в цілому мають невеликі площі водозборів, переважна більшість охоплює площі водозборів $F \leq 2000$ км².

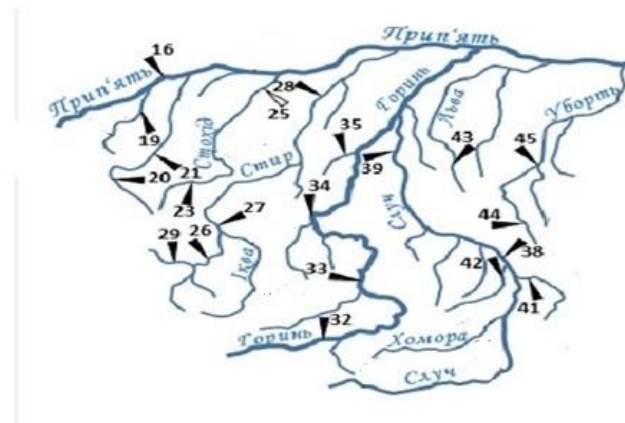


Рисунок 1.4 – Карта-схема розташування гідрологічних постів в басейні р. Прип'ять (українська частина)

Таблиця 1.1 - Відомості про площі водозборів в басейні р. Прип'ять в межах України

Площа км ²	101 - 500	501- 100 0	1001 - 2000	2001 - 3000	3001 - 4000	4001 - 5000	5001 - 6000	6001 - 7000	7001 - 8000	8001 - 9000	9001- 10000	> 10000
<i>n</i>	3	6	2	3	-	-	1	-	2	-	1	2
<i>%</i>	14,3	28,5	9,50	14,2	-	-	4,70	-	9,50	-	4,70	9,50

Таблиця 1.2 - Відомості про періоди спостережень за мінімальним стоком зимової межені в басейні р. Прип'ять в межах України

Період	<10	11-20	21-30	31-40	41-50	>50
<i>n</i>	-	-	-	1	-	20
<i>%</i>	-	-	-	4,76	-	95,23

2 ОГЛЯД МЕТОДІВ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ МІНІМАЛЬНОГО СТОКУ РІЧОК

2.1 Розрахунок мінімального стоку річок при наявності даних спостережень

Основними характеристиками мінімального стоку є середні місячні, або 30-добові, і середньодобові витрати води за межень. Для визначення норми мінімального стоку у [5] наведена формула вигляду:

$$\bar{Q}_{\min} = \frac{\sum_{i=1}^N Q_{\min i}}{N}, \quad (2.1)$$

де Q_{\min} – середньомісячні величини мінімального стоку; N – кількість років спостережень.

У зв'язку з недостатньою тривалістю фактичних рядів спостережень норма мінімального стоку, яка розрахована по формулі (2.1), відрізнятиметься від дійсного середнього значення при $N \rightarrow \infty$ на деяку величину σ_n .

Відповідно до вимог нормативного документу СНиП 2.01.14-83 [5] тривалість періоду спостережень вважається достатньою, якщо він репрезентативний, а відносна середня квадратична погрішність не повинна бути вище $\pm 15\%$. Середня квадратична погрішність середнього $\sigma_{\bar{Q}}$ визначається за формулами :

а) при відсутності внутрішньорядного зв'язку

$$\sigma_{\bar{Q}} = \pm 100 C_v / \sqrt{n}, \% \quad (2.2)$$

де C_v – коефіцієнт варіації, n - кількість років спостережень.

б) при наявності внутрішньорядного зв'язку

$$\sigma_{\bar{Q}} = \pm 100 C_v \sqrt{(1 + r_1)/(1 - r_1)} / \sqrt{n} \% \quad (2.3)$$

де r_1 – коефіцієнт автокореляції, який дорівнює

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (Q_i - \bar{Q})(Q_{i+1} - \bar{Q})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2 \sum_{i=1}^{n-1} (Q_{i+1} - \bar{Q})^2}} \quad (2.4)$$

де Q_{i+1}, Q_i - відповідно, наступне і попереднє значення початкового ряду.

Розрахункова щорічна ймовірність перевищення мінімальної витрати води приймається при проектуванні: зрошування – 85%, гідроелектростанцій – 90%, для господарсько-питних потреб у зоні надмірної водності – 95 %, а в зоні недостатньої водності – 97 % [6].

Розрахунок мінімальних витрат заданої забезпеченості. Мінімальні витрати води за межень (зимова чи літньо-осіння) розрахункової забезпеченості визначають, використовуючи три основних параметра (\bar{Q}, C_v, C_s), які обчислюються за методом моментів та найбільшої правдоподібності.

Якщо ряд мінімальних витрат має нульові значення, що пов'язані з пересиханням або перемерзанням річки, то параметри кривої забезпеченості встановлюються графоаналітичним методом Г.А. Алексєєва, з використанням загладжуваної емпіричної кривої забезпеченості.

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

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^2}{n - 1}}, \quad (2.5)$$

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

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (K_i - 1)^3}{C_v^3} \frac{n}{(n - 1)(n - 2)}. \quad (2.6)$$

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

$$Q_{80\%} = K_{80\%} \bar{Q}, \quad (2.7)$$

де:

1) для трипараметричного розподілу

$$K_{80\%} = f(C_v, C_s / C_v, P_{80\%}) \quad (2.8)$$

2) для біноміальної кривої розподілу

$$K_{80\%} = \Phi_{80\%} C_v + 1, \quad (2.9)$$

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

$$\Phi_{80\%} = f(C_s P_{80\%}). \quad (2.10)$$

2.2 Розрахунок мінімального стоку при коротких рядах спостережень

При коротких рядах спостережень розрахункові значення $Q_{80\%}$ для великих і середніх річок потрібно визначати з за допомогою методу аналогії або шляхом інтерполяції [5].

Слід відмітити, що короткими вважаються всі ряди, які не задовольняють принцип репрезентативності і точності ($\pm 15\%$). Відповідно до вимог СНіП 2.10.14-83, приведення статистичних параметрів розподілу до багаторічного періоду здійснюється за допомогою парної або множинної регресії за таких умов:

$$n \geq 10, r \geq 0.7 \text{ і } k/k\sigma^2$$

де n - число років загальних спостережень, r – коефіцієнт кореляції між величинами гідрологічних характеристик досліджуваної річки і річки-аналога, k – коефіцієнт регресії, $\sigma_{до}$ – середня квадратична погрішність коефіцієнта регресії.

Нормативним документом рекомендується виконувати приведення параметрів коротких рядів послідовно за декількома рівняннями регресії в порядку зменшення парного або множинного коефіцієнтів кореляції.

Коефіцієнт кореляції r , який є критерієм під час вибору аналога, визначається за формулою:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})(Q_{ai} - \bar{Q}_a)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2 \sum_{i=1}^n (Q_{ai} - \bar{Q}_a)^2}}. \quad (2.11)$$

Дані перевіряються співвідношенням k/σ_k . Коефіцієнт регресії

$$K = r \sigma_Q / \sigma_{Qa}, \quad (2.12)$$

де σ_Q і σ_{Qa} – середні квадратичні значення стоку розглядуваної річки і аналога при довжині рядів n . Розраховуються вони за наступними формулами:

$$\sigma_Q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2}{n-1}}, \quad (2.13)$$

Але

$$\sigma_Q^a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i^a - \bar{Q}^a)^2}{n-1}}. \quad (2.14)$$

Похибка коефіцієнта регресії

$$\sigma_k = \frac{\sigma_Q}{\sigma_{Qa}} \frac{1-r^2}{\sqrt{n-1}}. \quad (2.15)$$

З урахуванням (3.13), (3.14) і (3.15) запишемо рівняння лінійної регресії

$$\bar{Q}_N = \bar{Q}_n + k \sigma_Q (\bar{Q}_N^a - \bar{Q}_n^a) / \sigma_{Qa}, \quad (2.16)$$

де \bar{Q}_N і \bar{Q}_N^a – багаторічні середні значення (норми) мінімального стоку досліджуваного водозбору і аналога.

Коефіцієнт варіації приведенного ряду дорівнює:

$$C_v = \frac{\sigma_Q}{\bar{Q}_N} \sqrt{1 + r^2 \left(1 - \frac{\sigma_{Q_n}^a}{\sigma_{Q_N}^a} \right)}, \quad (2.17)$$

де $\sigma_{Q_N}^a$ - середньоквадратичне відхилення ряду-аналога за багаторічний період N років.

$$\sigma_{Q_N}^a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i^a - \bar{Q}^a)^2}{N-1}}. \quad (2.18)$$

Погрішність приведеного значення норми мінімального стоку за рівнянням регресії (2.16), відповідно до СНиП 2.01.14-83 [5], дорівнює:

$$\sigma_{\bar{Q}_N} = \frac{100\sigma_Q}{\bar{Q}_N \cdot \sqrt{n}} \sqrt{1 + r^2 \left(\frac{n}{N} \frac{\sigma_{Q_N}^a}{\sigma_{Q_n}^a} - 1 \right)}. \quad (2.19)$$

Графічний метод. Норма мінімального стоку визначається за графіком зв'язку мінімальних витрат за спільний період спостережень у басейні, який вивчається, і в басейні-аналогу з багаторічними даними про стік.

За допомогою побудови графіка зв'язку мінімальних середньомісячних витрат за спільний період спостережень за значенням норми мінімального стоку річки-аналога знімається норма мінімального стоку для досліджуваної річки.

Коефіцієнт варіації, відповідно до [5], дорівнює :

$$C_v = A \frac{\bar{Q}_N^a}{\bar{Q}_N} C_v^a, \quad (2.20)$$

де A - тангенс кута нахилу лінії зв'язку мінімальних середньомісячних витрат за загальний період спостережень

Погрішність норми мінімального зимового стоку приведенного ряду, розраховується таким чином:

$$\sigma_{\bar{Q}_N} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}, \quad (2.21)$$

де

$$\sigma_1 = \sigma_{\bar{Q}_N^a} \quad (2.22)$$

$$\sigma_2 = \frac{C_v \sqrt{1-r^2}}{\sqrt{n}} \cdot 100\% \quad (2.23)$$

Графоаналітичний метод Г.О. Алексєєва. Для річки-аналога будується емпірична крива забезпеченості мінімальних витрат води. З неї знімають величини стоку в характерних крапках із забезпеченістю 5, 50 і 95 відсотків (%).

За допомогою графіка зв'язку середньорічних мінімальних витрат за загальний період спостережень за даними річки-аналога знімаємо витрати 5, 50 і 95 % забезпеченості для досліджуваної річки.

Розраховується коефіцієнт скошеності за формулою

$$S = \frac{Q_5 + Q_{95} - 2Q_{50}}{Q_5 - Q_{95}}. \quad (2.24)$$

За спеціальною таблицею відповідно S встановлюють коефіцієнт C_s і нормовані ординати $\Phi_5, \Phi_{50}, \Phi_{95}$.

Середньоквадратичне відхилення σ_Q розраховується за формулою

$$\sigma_Q = \frac{Q_5 - Q_{95}}{\Phi_5 - \Phi_{95}}. \quad (2.25)$$

Середнє багаторічне значення мінімального стоку обчислюється за рівнянням:

$$\bar{Q} = Q_{50} - \sigma_Q \Phi_{50}. \quad (2.26)$$

Коефіцієнт варіації розраховується за виразом:

$$C_v = \frac{\sigma_Q}{\bar{Q}}. \quad (2.27)$$

Метод коефіцієнтів. Для розрахунку за методом коефіцієнтів спочатку визначається коефіцієнт кореляції між значеннями короткого ряду і ряду аналога за період сумісних спостережень, по формулі (3.11).

Якщо значення $r = 0,70$, то досліджується синхронність коливань стоку на двох постах. Для цього будується хронологічний графік коливань мінімального стоку.

Якщо коливання синхронні, то можна записати

$$\frac{\bar{Q}^a_N}{\bar{Q}^a_n} = \frac{\bar{Q}_N}{\bar{Q}_n}, \quad (2.28)$$

де \bar{Q}^a_N і \bar{Q}_N - середнє багаторічне значення мінімального стоку (норма) річки-аналога і короткого ряду, відповідно, а \bar{Q}^a_n і \bar{Q}_n - середнє

значення мінімального стоку річки-аналога і короткого ряду за період сумісних спостережень n .

Позначимо співвідношення $\frac{\bar{Q}_N^a}{\bar{Q}_n^a}$ як K_N , тоді для досліджуваного

короткого ряду можна визначити норму мінімального стоку за виразом:

$$\bar{Q}_N = K_N \bar{Q}_n. \quad (2.29)$$

2.3 Розрахунок мінімального стоку за відсутності даних спостережень

Мінімальні витрати необхідної забезпеченості для невивчених річок розраховують одним із таких способів:

1) визначення шуканих характеристик мінімального стоку з використанням епізодичних спостережень за стоком і даних басейнів-аналогів;

2) визначення розрахункових значень стоку на основі узагальнень, здійснених для норми мінімального стоку, коефіцієнтів мінливості і асиметрії - за даними вивчених річок;

3) використання перехідних коефіцієнтів від мінімального стоку певної (фіксованою) забезпеченості до стоку шуканої.

Останній спосіб в даний час застосовують найбільш широко в практиці будівельного проектування. При цьому за мінімальний стік фіксованою забезпеченості прийнятий мінімальний 30-добовий витрата води 80% -ої забезпеченості.

Згідно СНиП 2.01.14-83 [5], значення мінімального 30-добового модуля стоку щорічної з щорічної ймовірністю перевищення рівній 80% слід знімати з карт ізоліній мінімального 30-добового зимового стоку річок ймовірністю

перевищення 80% для центра ваги розрахункового басейну шляхом інтерполяції між лініями стоку. Точність визначення мінімального стоку по картах ізоліній змінюється в середньому від 10% в зволжених районах до 20% - в районах недостатнього зволоження і гірських областях.

Карти ізоліній не можна використовувати для визначення мінімального стоку річок, в межах водозборів яких розташовані озера, що регулюють значну частину стоку, і річок, що мають в межах водозбору ділянки яскраво вираженого карсту. Перехідні коефіцієнти від середньомісячних мінімальних витрат води щорічної ймовірністю перевищення 80% до мінімальних витрат води інших ймовірностей перевищення, а також до мінімальних добових витрат води визначають за даними річок-аналогів.

Мінімальна 30-добова витрата води щорічної ймовірністю перевищення на річках, що вважаються малими, але з площами водозборів не менше 20 для зволжених водозборів може бути визначений за формулою [5].

Мінімальний 30-добовий витрата води щорічної ймовірністю перевищення на річках, що вважаються малими, але з площами водозборів не менше 20 км² для зволжених водозборів може бути визначений за формулою

$$Q_{80\%} = 10^{-3} a(F + f_0)^n, \quad (2.30)$$

де $Q_{80\%}$ - мінімальний 30-добова витрата води щорічної ймовірністю перевищення 80% для зимового або літньо-осіннього періоду м³/с; F - площа водозбору річки, км²; a, n, f_0 - параметри, які визначаються в залежності від географічних районів.

Якщо параметр f_0 від'ємний, то абсолютне значення перевищує F , то значення $Q_{80\%}$ приймається рівним нулю.

Формулу (2.30) не можна використовувати для розрахунку мінімального стоку зі значним озерним регулюванням стоку річок, що протікають в районах рідкісного впливу карсту, а також при яскраво вираженому впливі господарської діяльності на стік річки.

Для гірських територій значення мінімального стоку допускається визначати за залежністю модуля мінімального стоку від середньої висоти басейну річки. Залежно будують для однорідних по гідрологічному будовою і однакових щодо напрямлення вологоносних вітрів районів.

Перехідні коефіцієнти від 30-добових (середньомісячних) мінімальних витрат води щорічної вірогідності перевищення 80% до мінімальних витрат іншої вірогідності перевищення визначають за даними річок-аналогів.

Тоді

$$Q_p = \lambda_p Q_{80\%}, \quad (2.31)$$

де λ_p – перехідний коефіцієнт.

При відсутності спостережень за стоком коефіцієнт варіації (C_v) може бути розрахований по інтерполяції між значеннями, отриманими для річок аналогів.

3 МЕТОДИ СТАТИСТИЧНОЇ ОБРОБКИ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Статистичні методи займають важливе місце при вирішенні багатьох задач в галузі гідрометеорології, зокрема для визначення розрахункових характеристик стоку в різні фази водності. Враховуючи те, що у наявності у більшості випадків є досить короткі часові гідрологічні ряди, поширене використання знайшли статистичні оцінки вибірових параметрів розподілу. Особливість використання статистичних методів в гідрології полягає також в тім, що дуже часто, навіть за коротких часових рядів, наявні з них відзначаються неоднорідністю. Не належне врахування цих обставин може призвести до формального використання статистичних методів. Крім перелічених обмежень, слід мати на увазі й те, що гідрологічні ряди не завжди є чисто випадковими. Завдяки циклічності коливань у часових рядах відбувається порушення принципу випадковості. Тому наведені міркування необхідно брати до уваги, коли йдеться про використання статистичних методів у практиці гідрологічних розрахунків.

3.1 Критерії однорідності часових рядів

Використання статистичних методів передбачає наявність стаціонарності та однорідності вихідної інформації.

У роботі А.В. Рождественського [7] наводяться деякі приклади можливих причин неоднорідності вихідної інформації по стоку річок, зокрема: 1. Вплив чинників підстильної поверхні на водозборах річок (безстічні мікро- і макро пониження місцевості). 2. Регулювання річкового стоку й інша господарська діяльність (гідротехнічні споруди, сільськогосподарські заходи, агролісомеліорація, зрошування, перекидання стоку тощо). 3. Вплив на річковий стік вирубки лісів. 4. Тимчасові ставки і

невеликі водосховища, які у багатоводні роки часто руйнуються, іноді суттєво впливають, створюючи неоднорідність даних спостережень за максимальним стоком.

Також необхідно аналізувати можливий вплив на стік річок глобальних і регіональних змін клімату, які можуть суттєво порушувати стаціонарність гідрометеорологічних процесів.

Критерії однорідності часових рядів. У випадках, коли у розпорядженні дослідника є порівняно короткі ряди спостережень, для оцінки їх однорідності найчастіше за все використовується критерії Стьюдента та Фішера.

Критерій Фішера F [6], який використовується для перевірки гіпотези однорідності дисперсій, має вигляд:

$$F = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_y^2}, \quad (3.1)$$

де σ_x^2 і σ_y^2 – дисперсії досліджуваних рядів, причому у чисельнику використовується з двох досліджуваних рядів більше її значення. Функція Фішера залежить від числа ступенів свободи $k_1 = n_x - 1$ і $k_2 = n_y - 1$, де n_x і n_y – тривалість досліджуваних рядів.

За допомогою критерію середніх Стьюдента t оцінюється однорідність рядів, що характеризуються досить близькими значеннями дисперсій. Сам же критерій записується у вигляді [6,7]

$$t = \frac{\bar{y} - \bar{x}}{\sqrt{n_x \sigma_x^2 + n_y \sigma_y^2}} \sqrt{\frac{n_x n_y (n_x + n_y - 2)}{n_x + n_y}}, \quad (3.2)$$

де \bar{y} і \bar{x} – середні значення двох рядів, що аналізуються на однорідність; σ_x^2 ; σ_y^2 – дисперсії вихідних рядів; n_x ; n_y – тривалість порівнювальних рядів.

Статистика t підкоряється розподілу Стьюдента з числом ступенів свободи $k = n_x + n_y - 2$.

За нульову гіпотезу приймається умова, що $\bar{y} = \bar{x}$. Критична область статистики Стьюдента при рівні значущості $q\%$ є областю абсолютних значень $|t| > t_{q,k}$.

Використання критеріїв однорідності при розрахунках стокових характеристик частіше за все стосується не двох часових рядів, а кожного з них окремо. Технічно це досягається за допомогою поділу кожної з вибірок на дві частини (тривалістю n_x і n_y). Очевидно, що перевірки у такий спосіб підлягають доволі тривалі ряди (бажано не менше 40 членів ряду).

У 1955 р. Уїлкоксон запропонував непараметричний метод перевірки гіпотез однорідності, який дозволяє здійснювати перевірку частково залежних вибірок в тих випадках, коли дані вимірювань попарно взаємозв'язані.

Надалі цей критерій був удосконалений Манном й Уїтні [7-8] і став одним з рекомендованих у діючих нормативних документах для оцінки однорідності стокових рядів.

Керівництвом з гідрологічної практики ВМО [9] при перевірці статистичних гіпотез рядів даних не рекомендовано використання статистичних параметричних критеріїв або тестів Стьюдента та Фішера (тобто t-тест і F-тест), на відміну від непараметричних, у зв'язку з тим, що гідрологічні ряди зазвичай не відповідають нормальному закону розподілу за не значної їх довжини, яке може негативно впливати на ефективність параметричної перевірки (Yue and Pilon, 2004).

У той же час, у тому ж документі ВМО [9] при перевірці на те, чи мають обидві вибірки різні середні (при нормальному законі розподілу ряду) в переліку інших критеріїв має місце стандартний параметричний критерій Стьюдента.

У [9] коротко представлені стандартні параметричні і непараметричні тести на виявлення змін (Kundzewicz and Robson, 2004), серед яких є:

- перевірка за критерієм Манна-Уїтні / тест сум номерів рангового ряду (тест, який виявляє відмінності між двома незалежними вибірками, заснований на статистичному критерії Манна-Кендалла);
- непараметрична перевірка CUSUM (тест, в якому послідовні спостереження порівнюються з медіаною ряду з максимальною сукупною сумою ознак відмінності від медіани як статистичний критерій);
- перевірка за критерієм Стьюдента (перевірка на те, чи мають обидві вибірки різні середні - приймають нормально розподілені дані і відомий період критичних точок);
- тест Петтітта (тест, який виявляє зміни в медіані ряду з точним часом шуканої зміни);
- перевірка за критерієм Крускала-Уолліса (тестування рівності середніх значень підперіодів);
- перевірка накопичених відхилень та інші CUSUM-тести (тест працює з ремасштабованими сукупними сумами відхилень від середнього);
- перевірка за критерієм відношення правдоподібності Уорслі (підходить для використання, коли точка розладнання невідома).

При тлумаченні результатів тесту в [9] відмічено, що необхідно пам'ятати про те, що статистична перевірка не ідеальна, навіть якщо виконуються всі припущення.

Отже, рекомендується використовувати більше одного тесту. Якщо кілька тестів дають значущі результати, то це доводить наявність змін, якщо тільки вони не ідентичні, і тоді багаторазове доказ значимості не є додатковим підтвердженням змін.

3.2 Тренди та циклічність в гідрологічних рядах

Статистично значимі лінійні тренди в ході багаторічних коливань гідрометеорологічних характеристик свідчать про те, що має місце статистична неоднорідність в розглянутих гідрологічних характеристиках.

У технічній літературі по гідрометеорології в ході багаторічних коливань різних гідрометеорологічних характеристик, розрахованих по обмеженому обсязі вихідної інформації, розраховуються лінійні і навіть нелінійні тренди з оцінкою їх статистичної значущості.

У випадку коли при певному рівні значущості тренд значимо відрізняється від нуля, то з цього випливає висновок про нестационарність багаторічних коливань гідрометеорологічної характеристики або про неоднорідність даного гідрометеорологічного явища в часі.

Завдання оцінки значущості лінійних трендів розглянутої гідрологічної характеристики в часі зводиться до оцінки значущості коефіцієнта регресії (складових рівняння лінійної регресії) або коефіцієнта кореляції r .

Коефіцієнт кореляції вважається значущим, якщо виконується умова $r > 2\sigma_r$ (де $\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-1}}$ – середня квадратична похибка розрахунку коефіцієнта кореляції, r^2 – величина достовірності апроксимації, n – число років спостережень).

Питання, що пов'язані з вивченням динаміки циклічності гідрометеорологічного процесу, мають важливе значення для раціонального використання водних ресурсів та довгострокових прогнозів водності.

Можливість передбачити майбутні зміни річкового стоку дозволила б заощадити значні матеріальні ресурси під час будівництва та експлуатації гідротехнічних споруд, а також завчасно прийняти необхідні заходи до появи катастрофічних посух та повеней [6].

Під поняттям циклічності багаторічних коливань стоку розуміють зміни водності, які характеризуються чергуванням маловодних та

багатоводних групувань різної тривалості та різної величини відхилення від середнього багаторічного значення стоку за період, що розглядається [10].

Дослідження динаміки багаторічних коливань стоку передбачає не лише аналіз їхньої циклічності, а й таких важливих сторін як синхронність або асинхронність, синфазність або асинфазність [10].

За однакових кліматичних умов та подібних елементів географічного ландшафту в близько розташованих річкових басейнах коливання водності річок зазвичай бувають синхронні. Однак, внаслідок різних синоптичних процесів, що обумовлюють неоднорідність випадіння атмосферних опадів по території та в часі, а також через різноманіття форм рельєфу та ґрунтів водозбору відповідність змін стоку різних річок може порушуватись.

У зв'язку з тим, що водність окремих років залежить від вказаних вище чинників, які визначають різнохарактерний режим річок та роль окремих джерел живлення, аналіз циклічних коливань водності доцільно проводити по маловодних та багатоводних фазах [6].

Для оцінки циклічних коливань гідрометеорологічних величин застосовують такі методи як: автокореляційний та спектральний аналіз; різницеві інтегральні криві; згладжування рядів спостережень шляхом ковзаючих n -річок, біноміальне осереднення.

Однак, у роботах [6,10], показано, що найприйнятнішим методом є різницева інтегральна крива, оскільки дозволяє чітко визначати межі фаз водності. Крім того, за аналізом різницевих інтегральних кривих можна простежити динаміку розвитку циклів водності щодо лінії часу та виявити якісну та кількісну тенденцію їхніх змін.

3.3 Визначення статистичних параметрів часових рядів

Розрахунки статистичних параметрів за методом моментів. В основі цього методу лежить визначення статистичних параметрів кривих розподілу через статистичні моменти [6].

У гідрологічній практиці використовуються моменти трьох видів: початкові α , центральні μ та абсолютні γ , причому

$$\alpha_s = \sum_{i=1}^N x_i^s p_i ; \quad (3.3)$$

$$\mu_s = \sum_{i=1}^N (x_i - m_x)^s p_i ; \quad (3.4)$$

$$\gamma_s = \sum_{i=1}^N \left| (x_i - m_x) \right|^s p_i , \quad (3.5)$$

де S – порядок моменту.

Перший початковий момент α_1 дорівнює математичному сподіванню m_x .

$$m_x = \sum_{i=1}^N p_i x_i \quad (3.6)$$

Серед центральних найбільше застосування у гідрології знайшли моменти другого μ_2 , третього μ_3 та четвертого μ_4 порядків, а також їх безрозмірні характеристики. Останні мають такий вигляд:

- коефіцієнт варіації

$$C_v = \sqrt{\mu_2} / m_x \quad \text{або} \quad C_v = \sigma_x / m_x , \quad (3.7)$$

- коефіцієнт асиметрії

$$C_s = \mu_3 / \sigma_x^3, \quad (3.8)$$

- ексцес

$$E = \mu_4 / \sigma_x^4 \quad (3.9)$$

Перший абсолютний момент γ_1 визначає середнє арифметичне відхилення:

$$\gamma_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |(x_i - m_x)| \quad (3.10)$$

Другий центральний момент μ_2 характеризує розсіювання значень випадкової величини відносно математичного сподівання.

Третій центральний момент μ_3 характеризує ступінь асиметрії розподілу випадкових величин відносно математичного сподівання. Якщо розподіл випадкової величини симетричний відносно m_x , то μ_3 дорівнює нулю. Безрозмірна характеристика асиметрії (3.8) називається коефіцієнтом асиметрії.

Четвертий центральний момент μ_4 використовується для характеристики так званої «крутості», тобто гостровершинності кривої розподілу. Ця властивість розподілу описується за допомогою так званого ексцесу (3.9).

Нормовані статистичні моменти C_v та C_s можна виразити через модульні коефіцієнти κ_i :

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\kappa_i - 1)^2}{n}}, \quad (3.11)$$

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (\kappa_i - 1)^3}{nC_v^3}, \quad (3.12)$$

де $\kappa_i = x_i / \bar{x}$. (3.13)

Оцінки центральних статистичних моментів другого, третього та більш вищих порядків при порівняно коротких рядах не відповідають вимогам незміщеності.

Для усування зміщеності вводяться поправкові коефіцієнти [5], [6] і з їх урахуванням

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\kappa_i - 1)^2}{n-1}}; \quad (3.14)$$

$$C_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \frac{\sum_{i=1}^n (\kappa_i - 1)^3}{C_v^3}. \quad (3.15)$$

Слід зазначити, що введення поправних множників дозволяє усунути зміщеність параметрів C_v і C_s стокових рядів лише при $C_v \leq 0,5$. При $C_v > 0,5$ застосування методу моментів у гідрологічних розрахунках не рекомендується.

Розрахунки статистичних параметрів стоку за методом найбільшої правдоподібності. Походження назви цього методу пов'язане із застосуванням функції правдоподібності до визначення статистичних параметрів трипараметричного гама-розподілу, запропонованого С.М. Крицьким та М.Ф. Менкелем [6].

Математичний вираз для функції правдоподібності з невідомим параметром θ має такий вигляд:

$$L(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n, \theta) = f(x_1, \theta), f(x_2, \theta), \dots, f(x_n, \theta). \quad (3.16)$$

З метою спрощення розрахунків її логарифмують і розглядають рівняння:

$$\frac{1}{L} \frac{\partial L}{\partial \theta} = \frac{\partial \ln L}{\partial \theta} = 0. \quad (3.17)$$

Метод найбільшої правдоподібності приводить до обґрунтованих оцінок з незначним їх зміщенням. Але вигляд розрахункових формул статистичних параметрів залежить від обраного закону розподілу випадкової величини [6].

Строге вирішення (3.17) приводить до складних трансцендентних рівнянь, у зв'язку з цим був запропонований спрощений засіб оцінки параметрів з використанням допоміжних статистик λ . Перша з них – $\hat{\lambda}_1$ дорівнює середньому арифметичному значенню випадкової величини \bar{x} .

Дві інші ($\hat{\lambda}_2, \hat{\lambda}_3$) функціонально пов'язані з коефіцієнтами варіації C_v та асиметрії C_s (або відношення C_s/C_v). Для переходу від $\hat{\lambda}_2$ та $\hat{\lambda}_3$ до C_v та C_s/C_v побудовані спеціальні номограми [5].

Деяка зміщеність параметрів $\hat{\lambda}_2$ та $\hat{\lambda}_3$ усувається за рахунок поправкового множника $n/(n-1)$, тоді

$$\hat{\lambda}_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg \kappa_i}{n-1}, \quad (3.18)$$

$$\hat{\lambda}_3 = \frac{\sum_{i=1}^n \kappa_i \lg \kappa_i}{n-1}. \quad (3.19)$$

4 РЕЗУЛЬТАТИ СТАТИСТИЧНОЇ ОБРОБКИ ЧАСОВИХ РЯДІВ МІНІМАЛЬНОГО СТОКУ ЗИМОВОЇ МЕЖЕНІ В БАСЕЙНІ Р. ПРИП'ЯТЬ В МЕЖАХ УКРАЇНИ

Статистична обробка вихідної інформації по мінімальному стоку зимової межені виконувалась в три етапи:

- оцінка однорідності часових рядів;
- дослідження трендів та аналіз циклічності коливань мінімального стоку;
- визначення розрахункових статистичних параметрів за методами моментів та найбільшої правдоподібності.

4.1 Оцінка однорідності часових рядів мінімального стоку зимової межені

Відповідно до рекомендацій нормативного документу СНіП 2.01.14-83 оцінка однорідності вихідної інформації виконана за допомогою двох параметричних критеріїв – Фішера і Стюдента, та непараметричного – Уїлкоксона. Результати розрахунку представлені в табл.4.1.

Аналізуючи отримані результати (табл.4.1) можна відмітити, що в період зимової межені однорідними на рівні значущості 1% виявились 50% рядів, а на рівні значущості 5% виявились лише 25% рядів за трьома критеріями.

Таким чином, інформацію по мінімальному стоку зимової межені в межах досліджуваної території у більшості випадків є неоднорідною. Такі результати потребують подальшого аналізу, й перш за все, щодо наявності значущих трендів в часових рядах, які розглядаються.

Таблиця 4.1 – Оцінка однорідності часових рядів мінімального стоку зимової межени в басейні р. Прип'ять в межах України

Річка-пост	Рівень значущості, %	Критерій Фішера		Висновок	Критерій Стьюдента		Висновок	Критерій Уїлкоксона	Загальний висновок
		F	F _{кр}		t	t _{кр}			
р. Прип'ять – с. Річиця	1%	5,68	2,90	ні	0,25	2,68	так	ні	ні
	5%		2,23	ні		2,01	так	ні	ні
р.Вижевка-снт Стара Вижевка	1%	1,51	2,58	так	1,21	2,66	так	ні	так
	5%		2,04	так		2,00	так	ні	так
р. Турія – с. Ягідне	1%	1,56	2,68	так	2,62	2,66	так	ні	так
	5%		2,10	так		2,00	ні	ні	ні
р. Турія – м. Ковель	1%	1,32	2,45	так	1,68	2,65	так	ні	так
	5%		1,96	так		2,00	так	ні	так
р. Стохід – с. Малинівка	1%	1,43	2,77	так	3,05	2,67	ні	ні	ні
	5%		2,16	так		2,01	ні	ні	ні
р. Стохід – снт Любешів	1%	2,18	2,68	так	2,10	2,10	так	ні	так
	5%		2,10	ні		2,00	ні	ні	ні
р. Стир – с. Щуровичі	1%	1,14	2,81	так	2,45	2,67	так	ні	так
	5%		2,17	так		2,01	ні	ні	ні
р. Стир – м. Луцьк	1%	2,22	2,35	так	3,16	2,64	ні	ні	ні
	5%		1,91	ні		1,99	ні	ні	ні

Продовження табл.4.1

р. Стир – с. Млинок	1%	6,77	2,87	ні	0,40	2,68	так	ні	ні
	5%		2,12	ні		2,01	так	ні	ні
р. Радоставка – с. Трійця	1%	1,16	2,77	так	2,10	2,67	так	ні	так
	5%		2,16	так		2,01	ні	ні	ні
р. Горинь – смт Ямпіль	1%	1,75	2,51	так	7,23	2,65	ні	ні	ні
	5%		2,00	так		2,00	ні	ні	ні
р. Горинь – с. Оженин	1%	1,01	2,64	так	5,10	2,66	ні	ні	ні
	5%		2,08	так		2,00	ні	ні	ні
р. Горинь – с. Деражне	1%	1,33	2,84	так	3,22	2,67	ні	ні	ні
	5%		2,19	так		2,01	ні	ні	ні
р. Устя – с. Корнин	1%	1,39	5,59	так	2,02	2,82	так	так	так
	5%		3,56	так		2,08	так	так	так
р. Вирка – с. Сварині	1%	1,16	2,64	так	3,35	2,61	ні	ні	ні
	5%		2,08	так		2,00	ні	ні	ні
р. Случ – м. Новоград-Волинський	1%	3,16	3,92	так	0,52	2,74	так	так	так
	5%		2,74	ні		2,04	так	так	так
р. Случ – м. Сарни	1%	2,17	2,48	так	5,02	2,65	ні	ні	ні
	5%		1,98	ні		2,00	ні	ні	ні
р. Тня – с. Броники	1%	1,89	2,54	так	2,04	2,65	так	ні	так
	5%		2,02	так		2,00	ні	ні	ні
р. Смілка – с. Сусли	1%	1,03	2,64	так	2,32	2,66	так	ні	так
	5%		2,08	так		2,00	ні	ні	ні

Продовження табл.4.1

р. Льва – с. Осницьк	1%	1,62	1,84	так	2,89	2,67	ні	ні	ні
	5%		2,19	так		2,01	ні	ні	ні
р. Уборть – с. Рудня-Іванівська	1%	2,03	4,16	так	1,18	2,75	так	так	так
	5%		2,86	так		2,04	так	так	так
р. Уборть – с. Перга	1%	2,02	2,77	так	2,42	2,67	так	так	так
	5%		2,16	так		2,01	ні	ні	ні
р. Уж – м. Коростень	1%	1,11	2,64	так	1,91	2,66	так	ні	так
	5%		2,08	так		2,00	так	ні	так
р. Норин – с. Славенщина	1%	16,74	2,94	ні	3,55	2,68	ні	ні	ні
	5%		2,25	ні		2,01	ні	ні	ні

4.2 Дослідження трендів та циклічності у рядах мінімального стоку зимової межені в басейні р. Прип'ять в межах України

Для тих рядів, де має місце неоднорідність, представляє інтерес дослідити наявність у них направленість трендів. З цією метою були побудовані хронологічні графіки зв'язку $Q_{\min} = f(t)$, за допомогою яких можна встановити характер і тенденції у багаторічних коливаннях мінімальних витрат води.

Для тих рядів, у яких виявлена часова неоднорідність визначені лінійні тренди. Отримані тренди (рис. 4.1-4.3) були досліджені за рівнянням $r > 2\sigma_r$,

де $\sigma_r = \frac{1 - r^2}{\sqrt{n - 1}}$ – середня квадратична похибка розрахунку коефіцієнта

кореляції, n – число років спостережень.

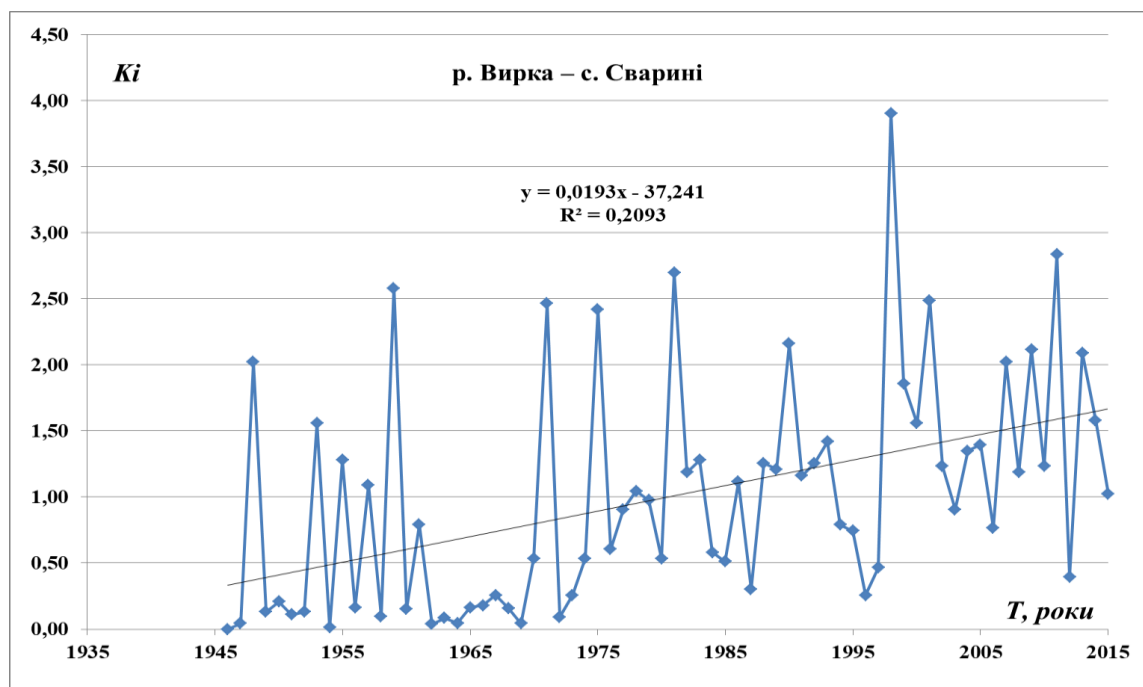


Рисунок 4.1 – Хронологічний графік ходу мінімальних витрат води зимової межені р. Вирка – с. Сварині (у модульних коефіцієнтах)

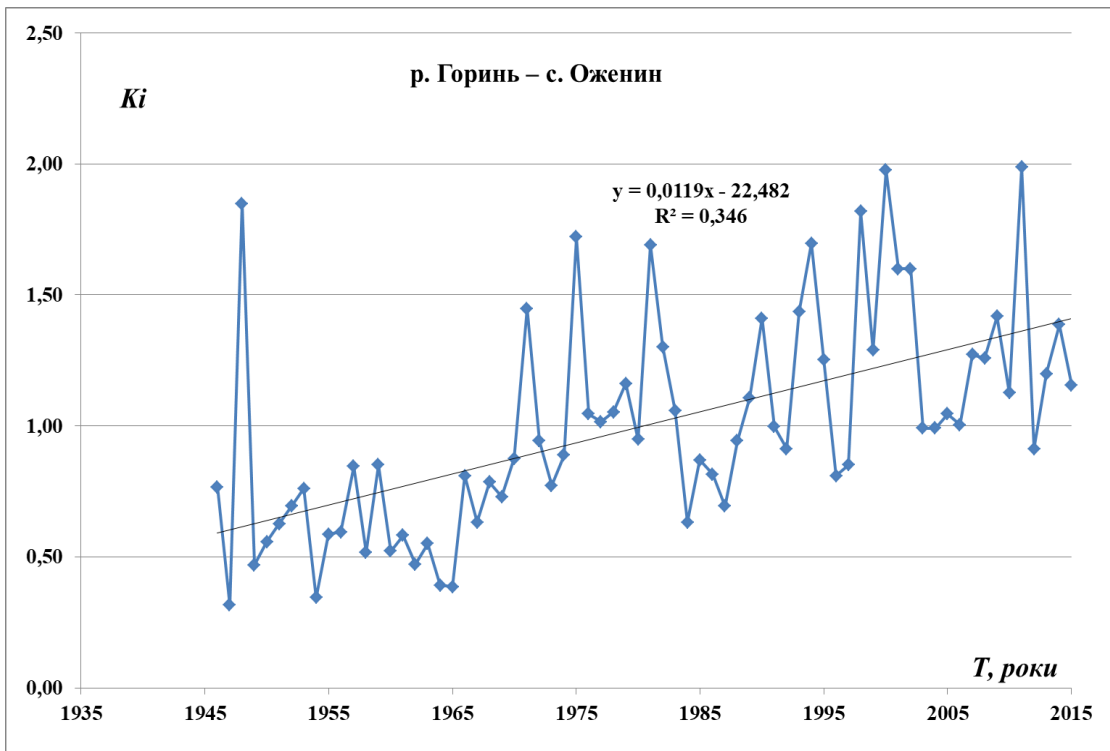


Рисунок 4.2 – Хронологічний графік ходу мінімальних витрат води зимової межні р. Горинь – с. Оженин (у модульних коефіцієнтів)

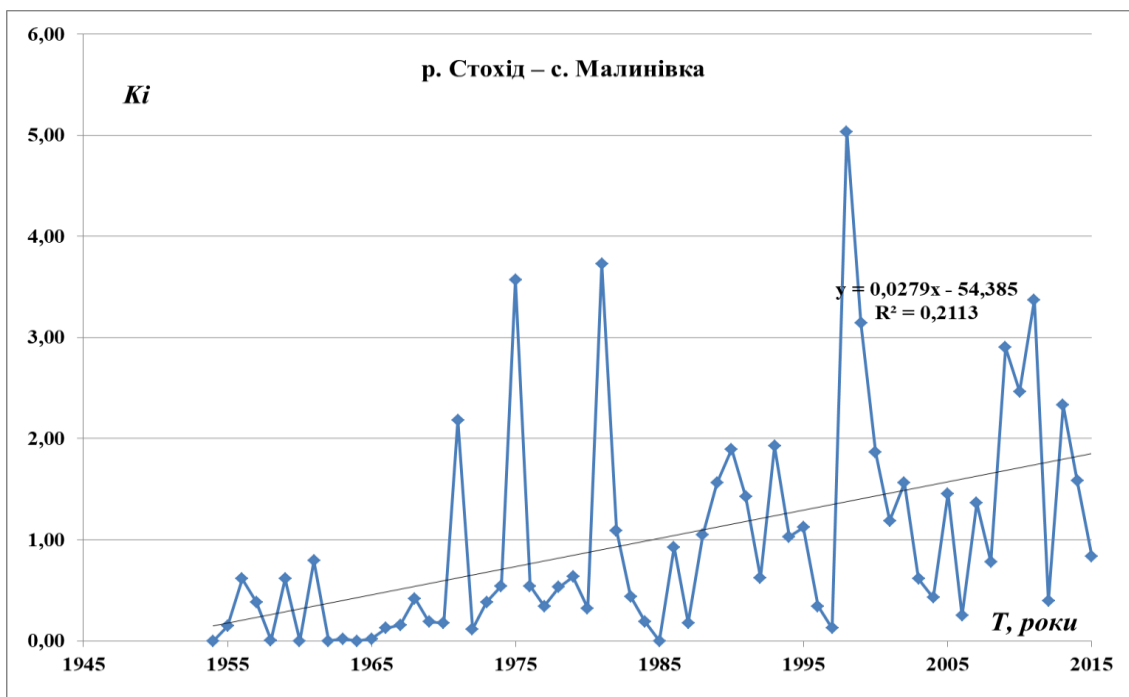


Рисунок 4.3 – Хронологічний графік ходу мінімальних витрат води зимової межні р. Стохід – с. Малинівка (у модульних коефіцієнтів)

Хронологічні графіки ходу мінімальних витрат води зимової межені для інших рядів представлені у Додатку А.

Враховуючи отримані хронологічні графіки для постів досліджуваної території слід відмітити, що ряди мають значущий позитивний тренд, що може бути пов'язано з кліматичними змінами.

Для характеристики циклічності коливань мінімальних витрат води побудовані різницеві інтегральні криві мінімального стоку зимової межені в басейні р. Прип'ять в межах України (рис.4.4).

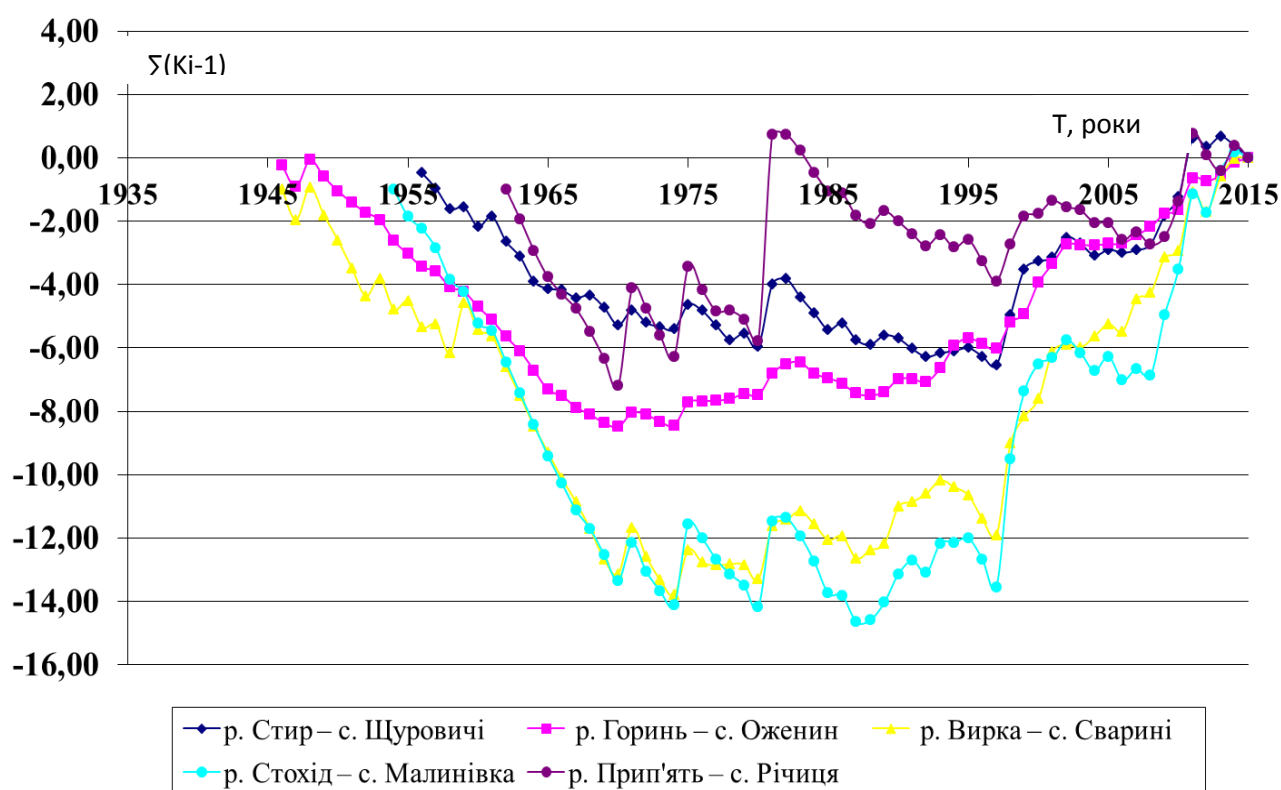


Рисунок 4.4 – Різницеві інтегральні криві мінімального стоку зимової межені в басейні р. Прип'ять в межах України

Різницеві інтегральні криві мінімального стоку зимової межені для інших рядів представленні у Додатку Б.

Як добре показано на рис. 4.4 кожна різницева інтегральна крива має повний цикл водності.

Отже, аналіз як хронологічних графіків, так і різницевих інтегральних кривих показав наявність повних циклів водності та можливість застосування статистичних методів для визначення розрахункових параметрів зимової межени для річок досліджуваної території.

4.3 Визначення статистичних параметрів мінімальному стоку зимової межени в басейні р. Прип'ять в межах України

Відповідно до рекомендацій СНіП 2.01.14-83 [5], статистична обробка рядів мінімальних витрат води зимової межени здійснюється з використання методів моментів та найбільшої правдоподібності.

Статистичні параметри емпіричних рядів мінімальних витрат води зимової межени обчислені по 24 гідрологічних. За розрахунковий взято період з початку спостережень за стоком на річках по 2015 р.

Результати статистичної обробки мінімальних витрат води зимової межени наведені в табл.4.2.

Значення коефіцієнтів варіації, розраховані за методом моментів, коливаються від 0,31 (р. Устя – с. Корнин) до 1,26 (р. Смілка – с. Сусли), а C_v , розраховані за методом найбільшої правдоподібності – від 0,17 (р. Устя – с. Корнин) до 3,42 (р. Прип'ять – с. Річиця).

Значення коефіцієнтів асиметрії мінімальних витрат води за методом найбільшої правдоподібності C_s змінюється від - 0,74 (Кача-с.Комсомольське) до 8,24 (Байдарка-с.Орлине), співвідношення C_s/C_v за результатами використання методу найбільшої правдоподібності можна осереднити і прийняти на рівні 3,0.

У подальших розрахунках прийняті параметри статистичного розподілу, отримані методом найбільшої правдоподібності.

Таблиця 4.2 – Результати статистичної обробки мінімального стоку зимової межени
в басейні р. Прип'ять в межах України

№ з/п	Річка-пост	п, роки	Q _{сер} , м ³ /с	r(l)	Метод моментів			Метод найбільшої правдоподібності		
					C _v	C _s	C _s /C _v	C _v	C _s	C _s /C _v
1	р. Прип'ять – с. Річиця	53	4,29	-0,06	1,22	3,42	2,80	1,31	5,03	3,80
2	р.Вижевка-свт Стара Вижевка	73	1,10	-0,05	1,14	2,93	2,60	1,19	3,76	3,20
3	р. Турія – с. Ягідне	67	0,70	0,12	0,77	1,67	2,20	0,77	1,89	2,50
4	р. Турія – м. Ковель	81	1,90	-0,04	1,11	2,45	2,20	1,13	2,93	2,60
5	р. Стохід – с. Малинівка	61	0,98	0,24	1,07	1,66	1,50	1,09	1,90	1,70
6	р. Стохід – смт Любешів	68	6,18	0,15	0,85	1,92	2,30	0,85	2,23	2,60
7	р. Стир – с. Щуровичі	60	8,32	0,19	0,59	1,67	2,80	0,59	1,91	3,20
8	р. Стир – м. Луцьк	88	22,05	0,17	0,39	1,74	4,50	0,39	1,92	5,00
9	р. Стир – с. Млинок	55	30,29	0,12	0,59	3,22	5,50	0,60	4,57	7,60
10	р. Радоставка – с. Трійця	61	1,08	0,15	0,72	1,63	2,30	0,72	1,86	2,60
11	р. Горинь – смт Ямпіль	77	4,27	0,69	0,39	0,38	1,00	0,39	0,41	1,10
12	р. Горинь – с. Оженин	70	16,45	0,40	0,41	0,61	1,50	0,41	0,64	1,60
13	р. Горинь – с. Деражне	58	28,33	0,48	0,32	0,62	1,90	0,32	0,66	2,10
14	р. Устя – с. Корнин	28	1,14	0,18	0,31	0,17	0,60	0,31	0,24	0,80
15	р. Вирка – с. Сварині	69	0,44	0,05	0,84	0,98	1,20	0,85	1,03	1,20
16	р. Случ – м. Новоград- Волинський	41	14,08	0,10	0,48	1,89	4,00	0,48	2,40	5,00
17	р. Случ – м. Сарни	79	22,59	0,35	0,86	1,47	1,70	0,89	1,64	1,90

Продовження табл.4.2

18	р. Тня – с. Броники	75	1,13	-0,05	1,07	2,72	2,60	1,11	3,40	3,10
19	р. Смілка – с. Сусли	70	0,61	0,13	1,26	2,58	2,10	1,28	3,22	2,50
20	р. Льва – с. Осницьк	57	0,72	-0,04	0,91	1,41	1,50	0,92	1,57	1,70
21	р. Уборть – с. Рудня-Іванівська	39	1,01	-0,15	0,71	1,91	2,70	0,73	2,45	3,40
22	р. Уборть – с. Перга	61	5,57	-0,03	0,88	1,84	2,10	0,89	2,16	2,40
23	р. Уж – м. Коростень	70	1,50	-0,03	0,72	1,36	1,90	0,72	1,48	2,10
24	р. Норин – с. Славенщина	52	2,42	0,66	0,95	2,44	2,60	1,09	3,53	3,10

В таблиці 4.3 представлений розрахунок точності визначення середньо багаторічних мінімальних витрат зимової межені для річок розглядуваної території. Точність розрахунку може бути оцінена шляхом визначення середньої квадратичної погрішності $\sigma_{\bar{Q}}$, яка визначається за формулою (2.2) при відсутності внутрішньорічного зв'язку, або за формулою (2.3) при наявності внутрішньорядного зв'язку. Наявність чи відсутність внутрішньорядного зв'язку визначається величиною коефіцієнту автокореляції, який розраховується за формулою (2.4). Для мінімального стоку, відповідно до вимог нормативного документу СНиП 2.01.14-83 [5], відносна середня квадратична погрішність не повинна бути вище $\pm 15\%$.

Як показано в табл.4.3, коефіцієнт автокореляції в рядах мінімального стоку досліджуваних річок змінюється в досить широкому діапазоні – від -0,026 (р. Уж – м. Коростень) до 0,687 (р. Горинь – смт Ямпіль). Розрахунок середньоквадратичної погрішності представлений також в табл.4.3. В обох випадках, тобто з урахуванням автокореляцій та без урахування, середнє значення $\sigma_{\bar{Q}}$ не перевищує $\pm 15\%$, таким чином отримані середні значення можуть вважатися нормою мінімального стоку зимової межені.

Таблиця 4.3 – Оцінка точності вихідної інформації по мінімального стоку зимової межені
в басейні р. Прип'ять в межах України

№ з/п	Річка-пост	п,роки	Q сер , м3/с	r(1)	Cv	$\sigma_{\bar{Q}}$	$\sigma_{\bar{Q}}$
						без урахування r(1)	з урахуванням r(1)
1	р. Прип'ять – с. Річиця	53	4,29	-0,064	1,31	17,99	16,88
2	р.Вижевка-сmt Стара Вижевка	73	1,10	-0,048	1,19	13,93	13,27
3	р. Турія – с. Ягідне	67	0,70	0,118	0,77	9,41	10,59
4	р. Турія – м. Ковель	81	1,90	-0,036	1,13	12,56	12,11
5	р. Стохід – с. Малинівка	61	0,98	0,239	1,09	13,96	17,81
6	р. Стохід – сmt Любешів	68	6,18	0,149	0,85	10,31	11,98
7	р. Стир – с. Щуровичі	60	8,32	0,193	0,59	7,62	9,26
8	р. Стир – м. Луцьк	88	22,05	0,167	0,39	4,16	4,92
9	р. Стир – с. Млинок	55	30,29	0,122	0,6	8,09	9,15
10	р. Радоставка – с. Трійця	61	1,08	0,154	0,72	9,22	10,77
11	р. Горинь – сmt Ямпіль	77	4,27	0,687	0,39	4,44	10,32
12	р. Горинь – с. Оженин	70	16,45	0,403	0,41	4,90	7,51
13	р. Горинь – с. Деражне	58	28,33	0,477	0,32	4,20	7,06
14	р. Устя – с. Корнин	28	1,14	0,177	0,31	5,86	7,01
15	р. Вирка – с. Сварині	69	0,44	0,052	0,85	10,23	10,78
16	р. Случ – м. Новоград-Волинський	41	14,08	0,096	0,48	7,50	8,25
17	р. Случ – м. Сарни	79	22,59	0,351	0,89	10,01	14,45
18	р. Тня – с. Броники	75	1,13	-0,050	1,11	12,82	12,19

Продовження табл.4.3

19	р. Смілка – с. Сусли	70	0,61	0,126	1,28	15,30	17,36
20	р. Льва – с. Осницьк	57	0,72	-0,040	0,92	12,19	11,71
21	р. Уборть – с. Рудня-Іванівська	39	1,01	-0,151	0,73	11,69	10,04
22	р. Уборть – с. Перга	61	5,57	-0,030	0,89	11,40	11,06
23	р. Уж – м. Коростень	70	1,50	-0,026	0,72	8,61	8,38
24	р. Норин – с. Славенщина	52	2,42	0,662	1,09	15,12	33,52
<i>Середнє</i>						±10,06%	±11,93%

5 ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗОНАЛЬНИХ ТА ІНТРОЗОНАЛЬНИХ ФАКТОРІВ НА СТІК ЗИМОВОЇ МЕЖЕНІ В БАСЕЙНІ Р. ПРИП'ЯТЬ В МЕЖАХ УКРАЇНИ

Зональні (кліматичні) або місцеві (азональні та інтразональні) фактори можуть суттєво вплинути на величину мінімального стоку та його просторовий розподіл. До інтразональних факторів, відносяться закарстованість, залісеність та заболоченість водозборів, а також наявність великих озер і водосховищ (озерність). Істотний вплив може надати площа водозбору та висота місцевості, які відносяться до категорії азональних факторів. Інтегральною характеристикою зональності є широта місцевості, наявність значущих залежностей від цього фактору є підставою для картування.

Аналіз табл.5.1 показав, що для басейну р. Прип'ять має сенс досліджувати вплив залісеності та заболоченості водозборів, а також широти та висоти місцевості.

З метою оцінки впливу інтразональних факторів побудовані залежності, які представлені на рис. 5.1 - 5.2. Як видно з цих рисунків, заболоченість і залісеність не оказують значущого впливу на меженний стік зимового періоду.

Для дослідження впливу висоти і широти місцевості побудовані відповідні залежності, які представлені на рис.5.3-5.4. Аналіз отриманих залежностей показав тенденцію до зміни мінімального стоку зимової межени зі збільшенням висоти місцевості та наявності значущої залежності від широти місцевості. Наявність значущої залежності від широти є підставою для подальшого узагальнення мінімальних модулів у вигляді карти ізоліній.

Таблиця 5.1 – Морфометричні та гідрографічні характеристики річок в басейні р. Прип'ять в межах України

№ з/п	Річка-пост	Q сер , м ³ /с	F, км ²	Lg(F+1)	q л/скм ²	f _л , %	f _б , %	φ в частках ^о , п.ш.	H _{ср} м
1	р. Прип'ять – с. Річиця	4,29	2210	3,34	1,94	17	15	51,46	170
2	р.Вижевка-сmt Стара Вижевка	1,10	722	2,86	1,52	21	9	51,3	190
3	р. Турія – с. Ягідне	0,70	502	2,70	1,39	18	7	51,9	210
4	р. Турія – м. Ковель	1,90	1480	3,17	1,28	18	6	51,01	200
5	р. Стохід – с. Малинівка	0,98	692	2,84	1,41	8	9	50,95	200
6	р. Стохід – сmt Любешів	6,18	2970	3,47	2,08	35	8	51,38	180
7	р. Стир – с. Щуровичі	8,32	2020	3,31	4,12	26	9	50,11	240
8	р. Стир – м. Луцьк	22,05	7200	3,86	3,06	16	6	50,33	230
9	р. Стир – с. Млинок	30,29	10900	4,04	2,78	24	5	50,76	210
10	р. Радоставка – с. Трійця	1,08	316	2,50	3,41	16	12	50,09	220
11	р. Горинь – сmt Ямпіль	4,27	1400	3,15	3,05	4	1	49,87	320
12	р. Горинь – с. Оженин	16,45	5860	3,77	2,81	17	12	50,07	280

Продовження табл.5.1

13	р. Горинь – с. Деражне	28,33	9160	3,96	3,09	12	2	50,32	260
14	р. Устя – с. Корнин	1,14	-						
15	р. Вирка – с. Сварині	0,44	231	2,37	1,89	31	13	51,38	160
16	р. Случ – м. Новоград-Волинський	14,08	7460	3,87	1,89	11	9	50,13	260
17	р. Случ – м. Сарни	22,59	13300	4,12	1,70	17	5	50,48	230
18	р. Тня – с. Броники	1,13	982	2,99	1,15	16	1	50,43	8,9
19	р. Смілка – с. Сусли	0,61	632	2,80	0,97	30	2	50,47	230
20	р. Льва – с. Осницьк	0,72	276	2,44	2,61	47	3	51,17	180
21	р. Уборть – с. Рудня-Іванівська	1,01	776	2,89	1,30	19	5	50,85	210
22	р. Уборть – с. Перга	5,57	2880	3,46	1,94	67	4	50,06	190
23	р. Уж – м. Коростень	1,50	1450	3,16	1,04	28	2	50,79	210
24	р. Норин – с. Славенщина	2,42	804	2,91	3,01	13	2	51,28	170

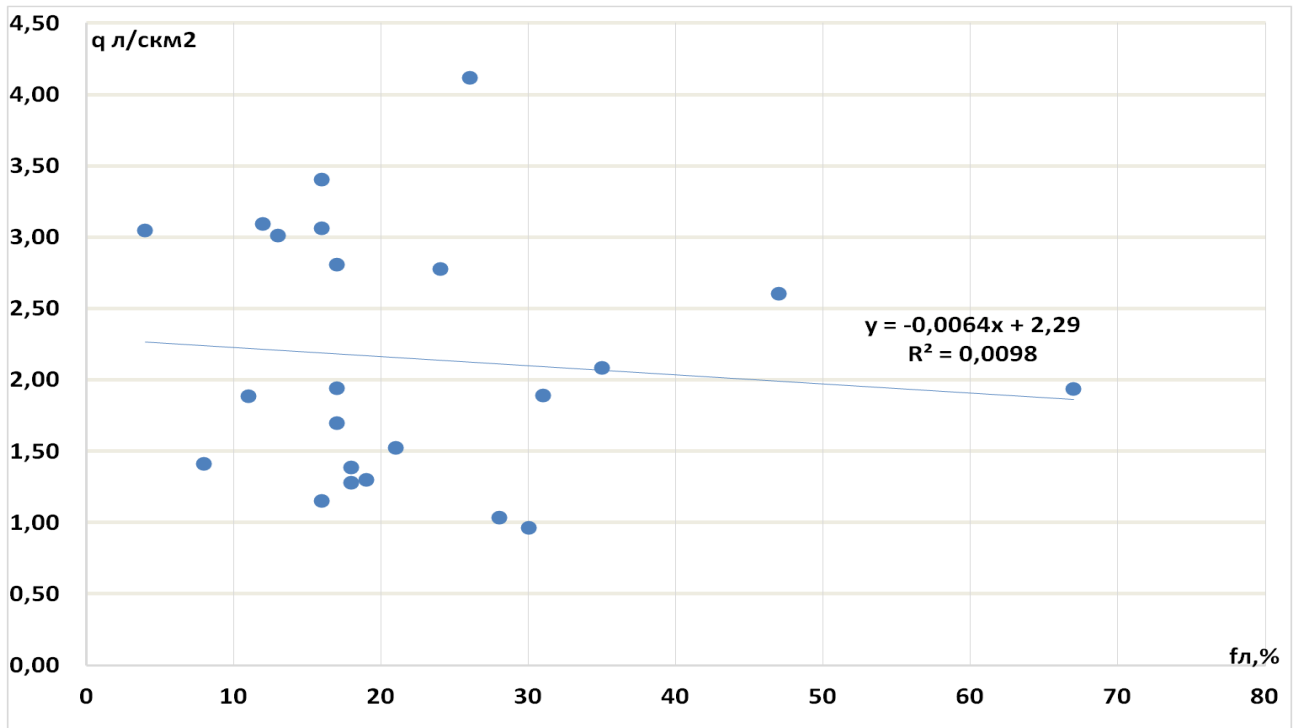


Рисунок 5.1 – Зміна середніх модулів стоку зимової межени від залісеності водозборів річок басейну р. Прип'ять в межах України

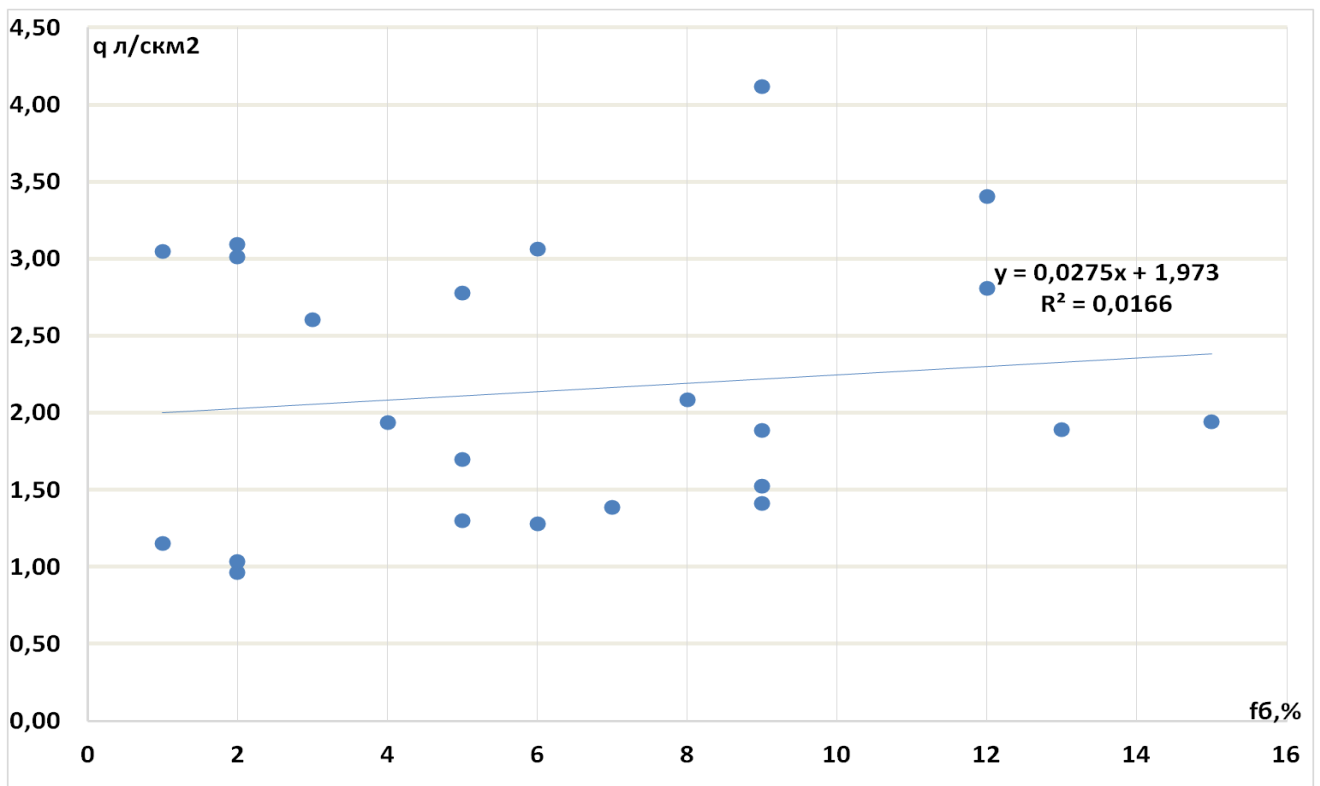


Рисунок 5.2 – Зміна середніх модулів стоку зимової межени від заболоченості водозборів річок басейну р. Прип'ять в межах України

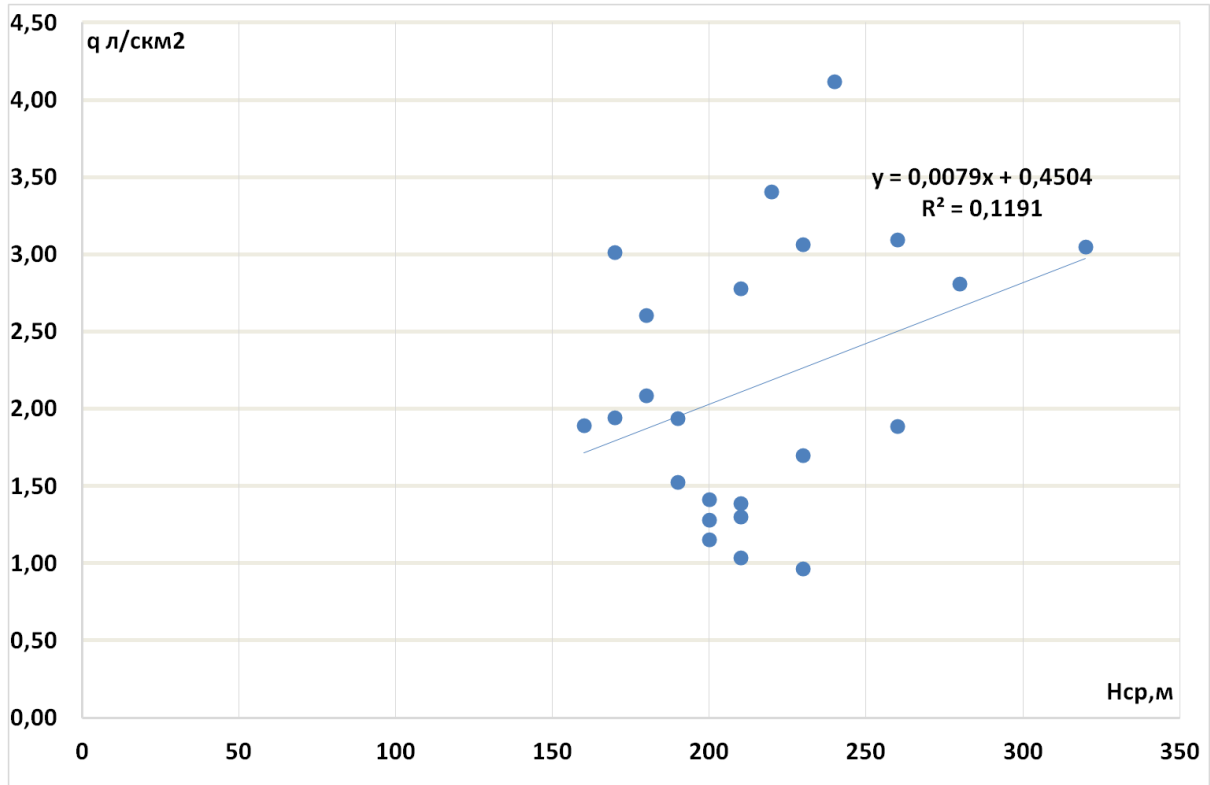


Рисунок 5.3 – Графік зв'язку модулів стоку зимової межені від середньої висоти водозборів річок басейну р. Прип'ять в межах України

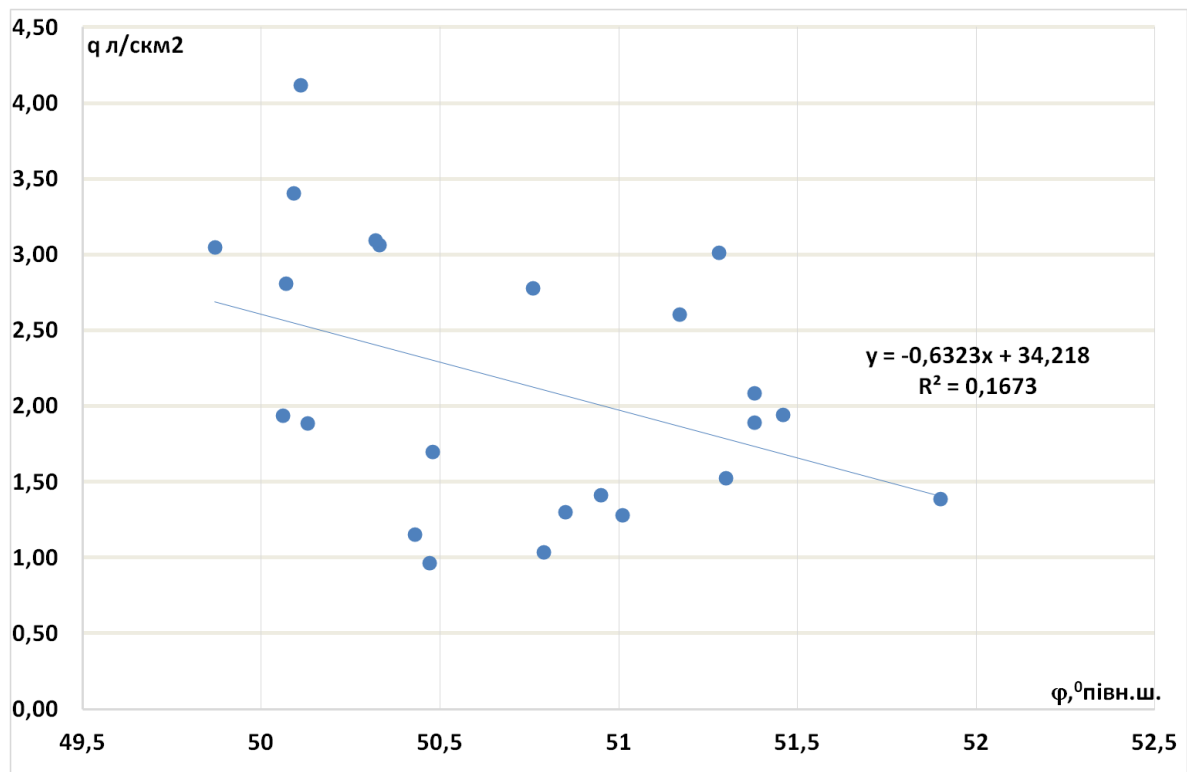


Рисунок 5.4 – Графік зв'язку модулів стоку зимової межені від широти центрів тяжіння водозборів річок басейну р. Прип'ять в межах України

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи бакалавра проведено дослідження стоку зимової межені на річках басейну р. Прип'ять в межах України.

- В ході виконання роботи досліджено умови формування меженого стоку на річках Прип'ятського Полісся, зокрема у період льодоставу;
- Оцінка гідрологічної вивченості річок досліджуваної території показала можливість виконання розрахунків за даними гідрологічних станцій і постів;
- Виконано короткий опис методів розрахунку мінімального стоку річок, відповідно рекомендацій нормативних документів;
- Представлені теоретичні відомості про методики та методи визначення статистичних параметрів часових гідрологічних рядів та оцінки їх часової однорідності та циклічності;
- Здійснено статистичний аналіз та обробку часових рядів на матеріалах сучасних спостережень за стоком зимової межені в басейні р. Прип'ять;
- Побудовані хронологічні графіки мінімальних витрат води в зимовий період, які вказують на тенденцію до збільшення меженого стоку в останні роки;
- Побудовані різницеві інтегральні криві для мінімальних витрат води вказують на наявність повних циклів в коливаннях стоку річок досліджуваної території;
- Дослідження впливу місцевих та зональних факторів показало відсутність значущого впливу заболоченості та залісеності на стік межені в зимовий період, а з іншого боку наявність значущого впливу широти місцевості, що відкриває подальші перспективи щодо узагальнення модулів стоку зимової межені у вигляді карти ізоліній.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Украина и Молдавия. Ленинград: Гидрометеиздат, 1966. Т.6, Вып. 2. 884 с.
2. Атлас України / 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. URL: <http://www.isgeo.kiev.ua>
3. Клімат України / За ред. В.М.Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ: Вид-но Раєвського, 2003. 343 с.
4. Стихийные метеорологические явления на Украине в Молдавии / Под ред. В.Н.Бабіченко. Ленинград: Гидрометеиздат, 1991. 224 с.
5. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. 447 с.
6. Гопченко Є.Д., Лобода Н.С., Овчарук В.А. Гідрологічні розрахунки: підручник / Одеськ. Державний екологічний університет. Одеса: ТЕС, 2014. 484 с.
7. Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным. Санкт-Петербург, 2010. 162 с.
8. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации / Санкт-Петербург: ГГИ, 2007. 278 с.
9. Руководство по гидрологической практике. Сбор и обработка данных, анализ, прогнозирование и другие применения. Всемирная Метеорологическая Организация (ВМО - №168). Пятое изд. 1994. 844 с.
10. Чорноморець Ю.О. Оцінка циклічності багаторічних коливань стоку річок Українських Карпат: автореф. дис. канд. геогр. наук: 11.00.07. Київ. 2007. 20 с.

ДОДАТОК А
ХРОЛОГІЧНІ ГРАФІКИ МІНІМАЛЬНОГО СТОКУ ЗИМОВОЇ
МЕЖЕНІ



Рис. А1 - Хронологічний графік ходу мінімальних витрат води зимової межені р.Вижевка-сmt Стара Вижевка (у модульних коефіцієнтів)

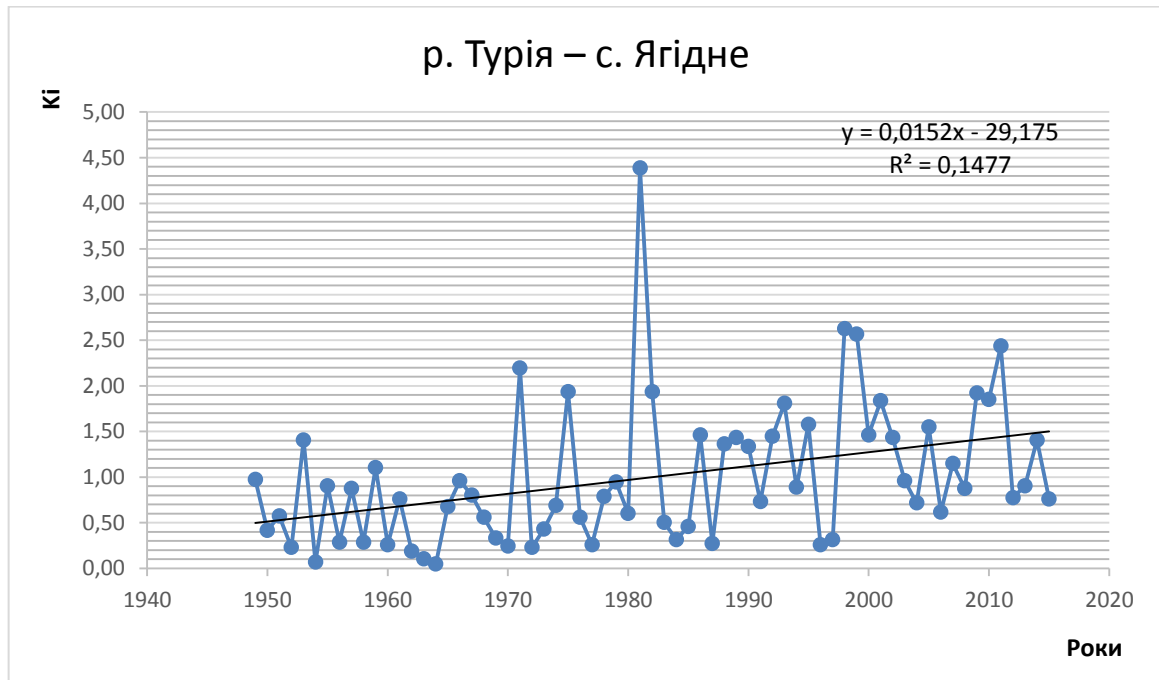


Рис. А2 - Хронологічний графік ходу мінімальних витрат води зимової межені р. Турія – с. Ягідне (у модульних коефіцієнтів)

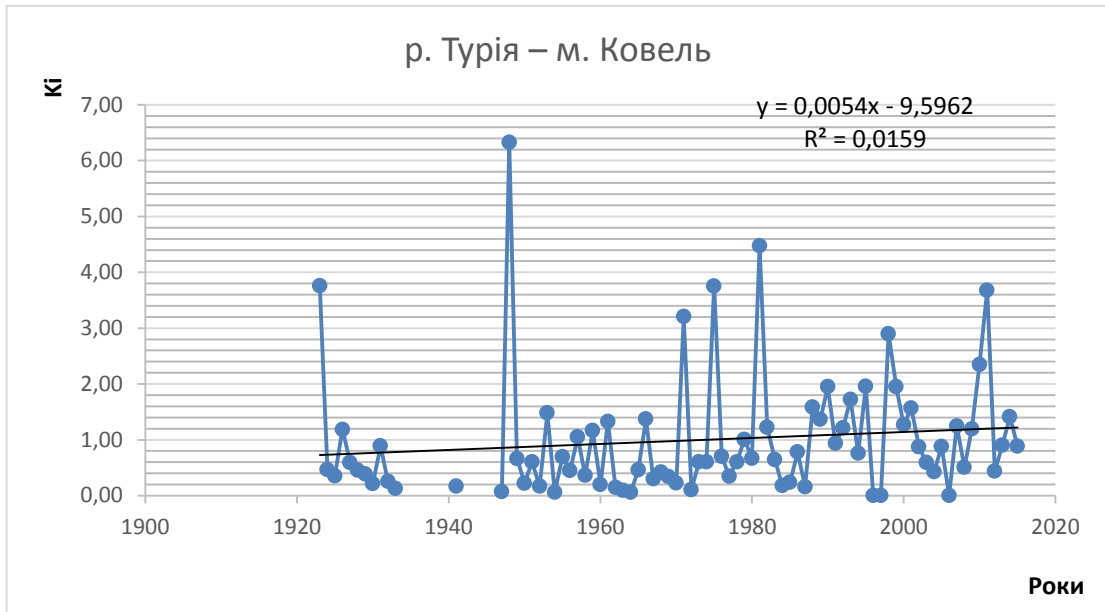


Рис. А3 - Хронологічний графік ходу мінімальних витрат води зимової межені р. Турія – м.Ковель (у модульних коефіцієнтів)



Рис. А4 - Хронологічний графік ходу мінімальних витрат води зимової межені р. Стохід – смт Любешів (у модульних коефіцієнтів)

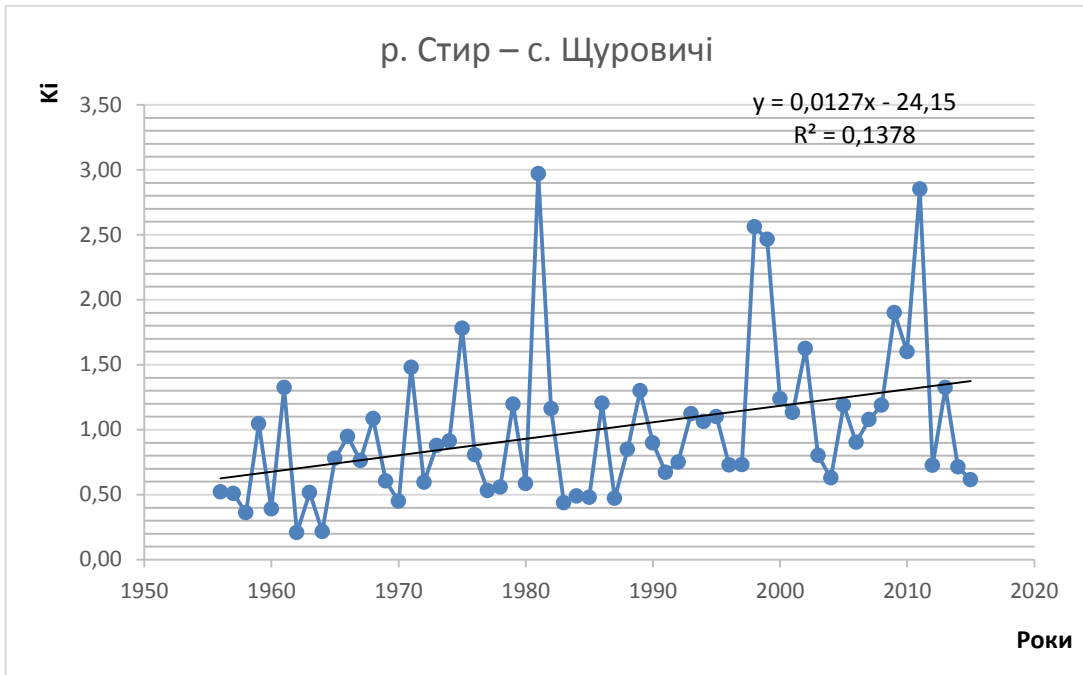


Рис. А5 - Хронологічний графік ходу мінімальних витрат води зимової межені р. Стир – с. Щуровичі (у модульних коефіцієнтів)

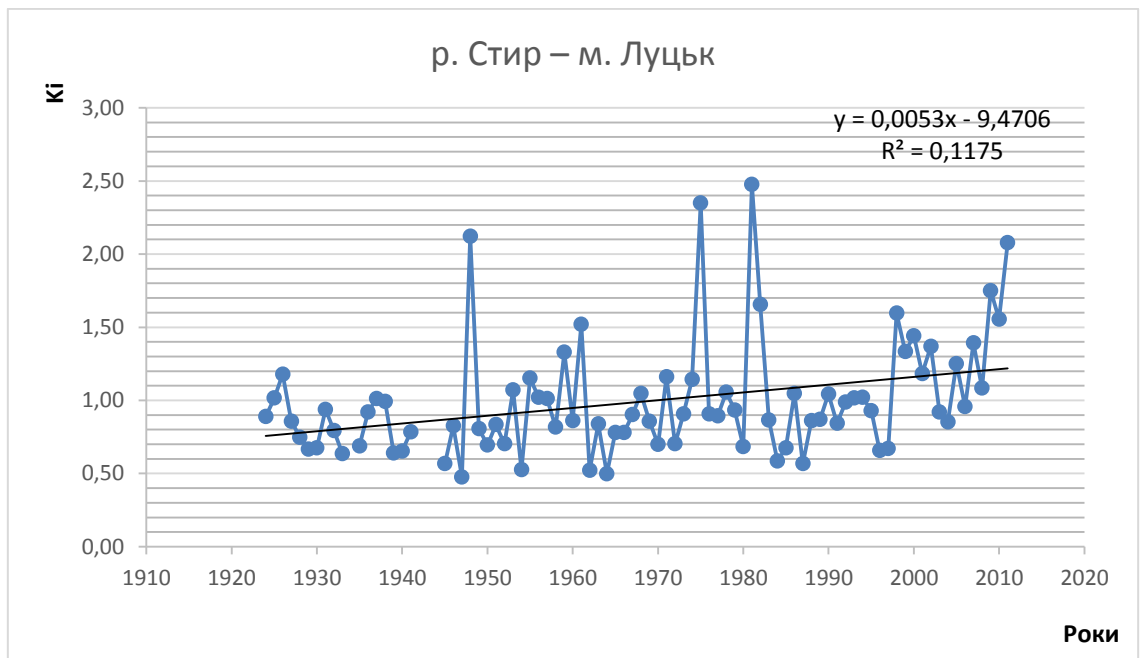


Рис. А6 - Хронологічний графік ходу мінімальних витрат води зимової межені р. Стир – м.Луцьк (у модульних коефіцієнтів)



Рис. А7 - Хронологічний графік ходу мінімальних витрат води зимової межені р. Стир – с. Млинок (у модульних коефіцієнтів)



Рис. А8 - Хронологічний графік ходу мінімальних витрат води зимової межені р. Родоставка – с. Трійця (у модульних коефіцієнтів)

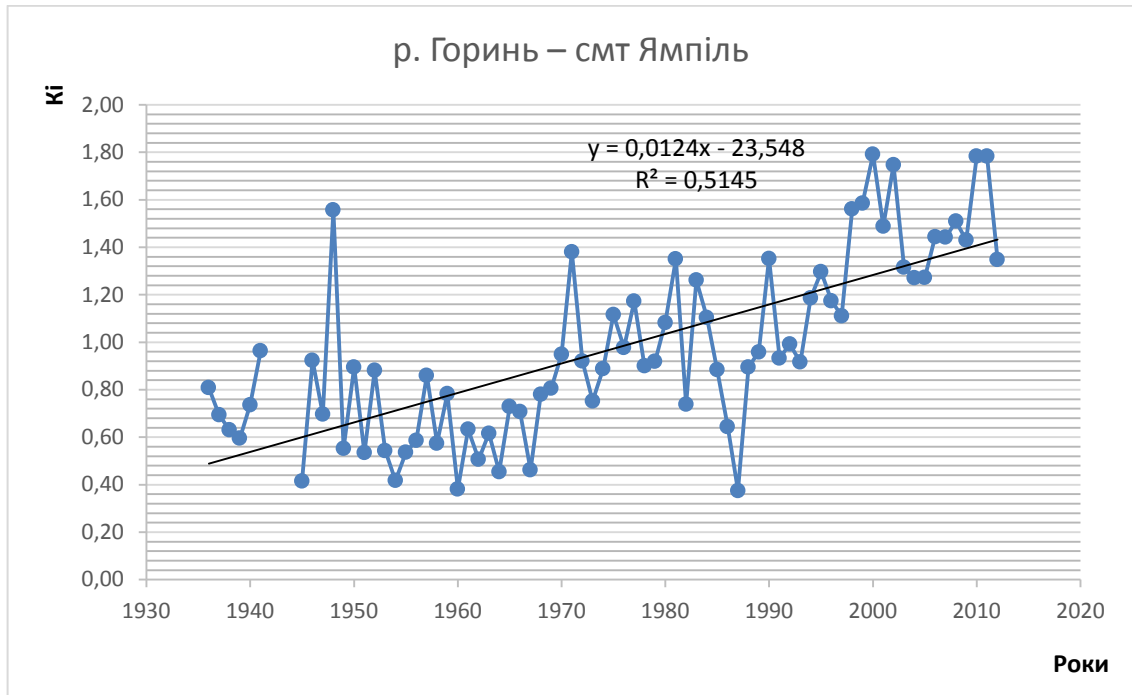


Рис. А9 - Хронологічний графік ходу мінімальних витрат води зимової межені р. Горинь – смт Ямпіль (у модульних коефіцієнтів)



Рис. А10 - Хронологічний графік ходу мінімальних витрат води зимової межені р. Горинь – с. Деражне (у модульних коефіцієнтів)



Рис. А11 - Хронологічний графік ходу мінімальних витрат води зимової межені р. Устя – с. Корнин (у модульних коефіцієнтів)



Рис. А12 - Хронологічний графік ходу мінімальних витрат води зимової межені р. Случ – с. Новоград-Волинський (у модульних коефіцієнтів)

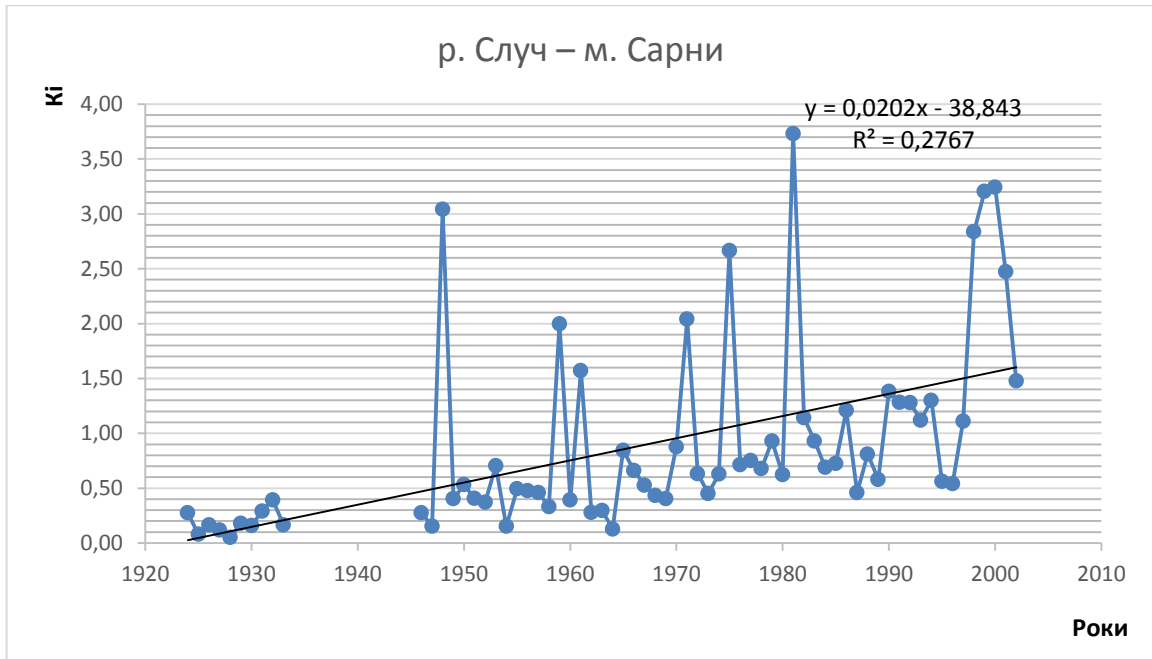


Рис. А13 - Хронологічний графік ходу мінімальних витрат води зимової межені р. Случ – с. Сарни (у модульних коефіцієнтів)



Рис. А14 - Хронологічний графік ходу мінімальних витрат води зимової межені р. Тня – с. Броники (у модульних коефіцієнтів)

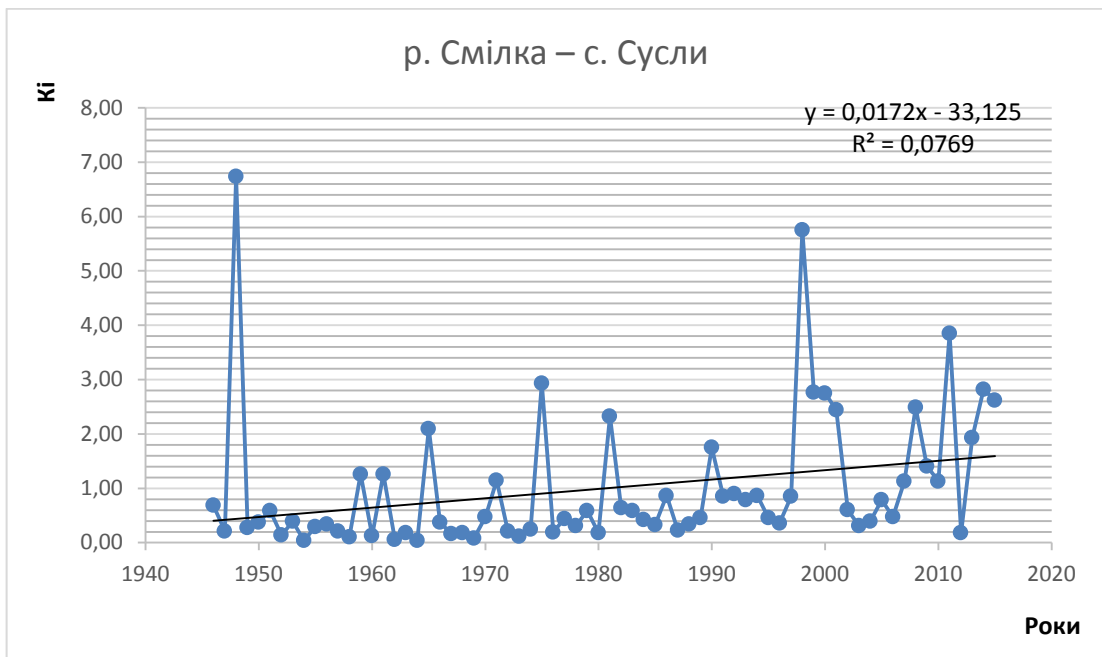


Рис. А15 - Хронологічний графік ходу мінімальних витрат води зимової межені р. Смілка – с. Сусли (у модульних коефіцієнтів)



Рис. А16 - Хронологічний графік ходу мінімальних витрат води зимової межені р. Льва – с. Осницьк (у модульних коефіцієнтів)



Рис. А17 - Хронологічний графік ходу мінімальних витрат води зимової межені р. Уборть – с. Рудня-Іванівська (у модульних коефіцієнтів)



Рис. А18 - Хронологічний графік ходу мінімальних витрат води зимової межені р. Уборть – с. Перга(у модульних коефіцієнтів)



Рис. А19 - Хронологічний графік ходу мінімальних витрат води зимової межені р. Норин – с. Славенщина (у модульних коефіцієнтів)

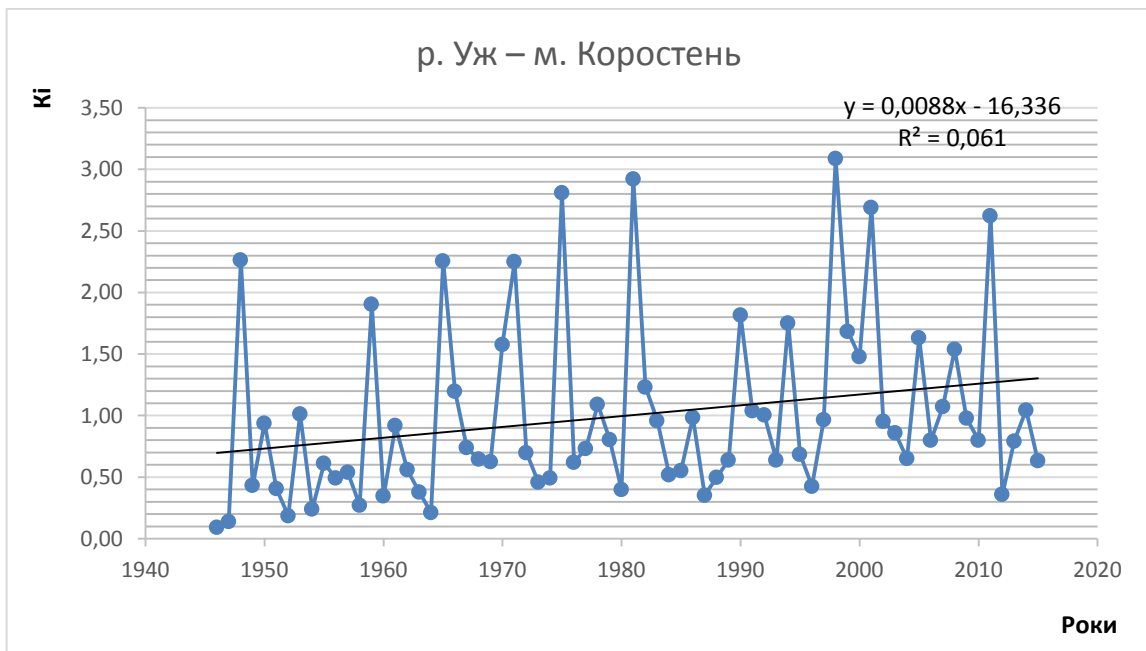


Рис. А20 - Хронологічний графік ходу мінімальних витрат води зимової межені р. Уж – с. Коростень (у модульних коефіцієнтів)

ДОДАТОК Б
РІЗНИЦЕВІ ІНТЕГРАЛЬНІ КРИВІ МІНІМАЛЬНОГО СТОКУ
ЗИМОВОЇ МЕЖЕНІ В БАСЕЙНІ Р.ПРИП'ЯТЬ В МЕЖАЇ УКРАЇНИ

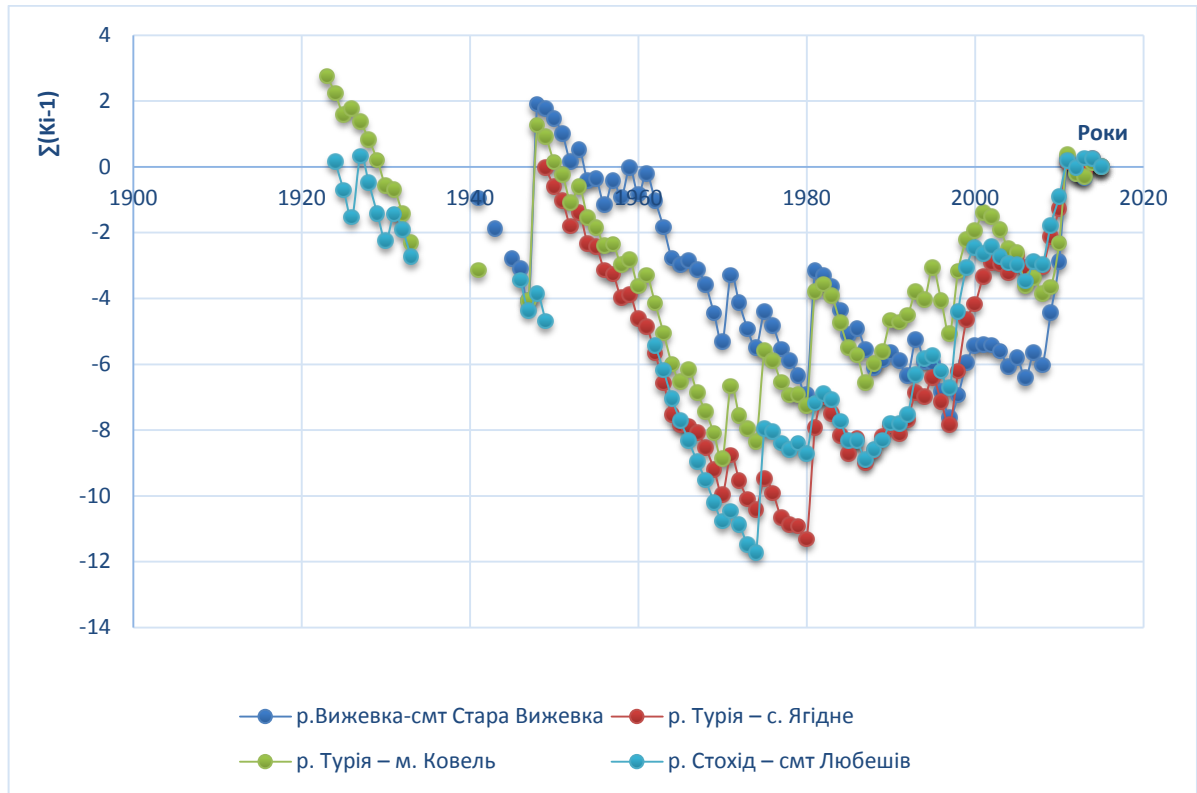


Рис. Б1 - Різницеві інтегральні криві мінімального стоку зимової межені в басейні р. Прип'ять в межах України (1)

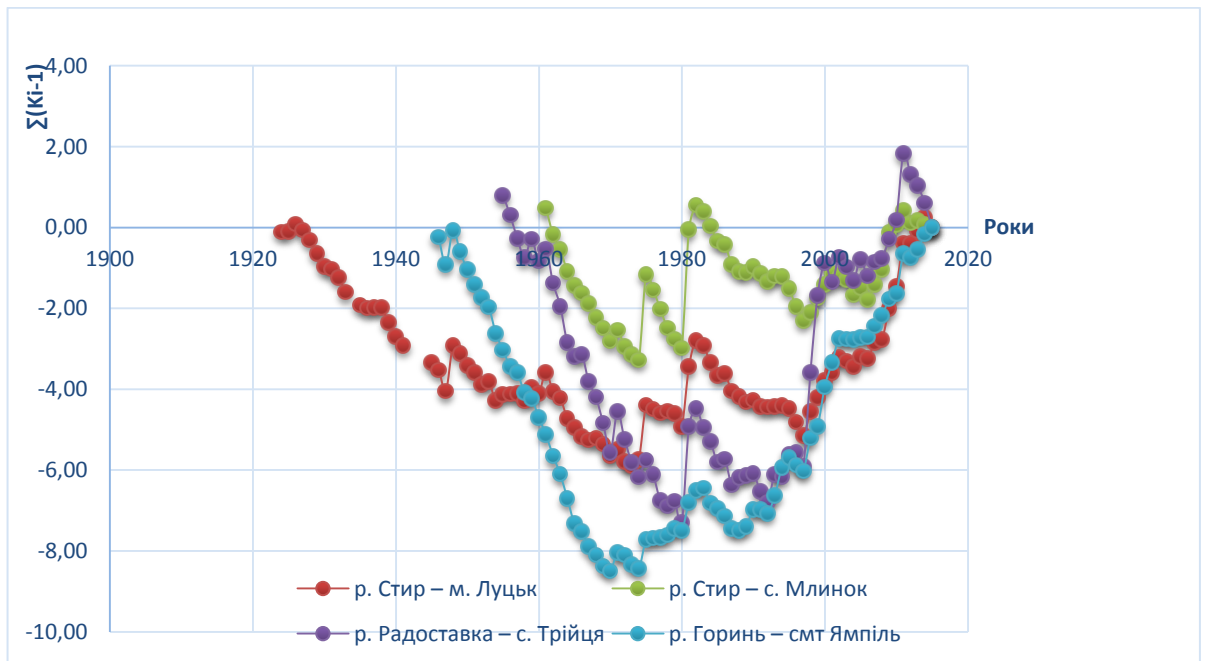


Рис. Б2 - Різницеві інтегральні криві мінімального стоку зимової межені в басейні р. Прип'ять в межах України (2)

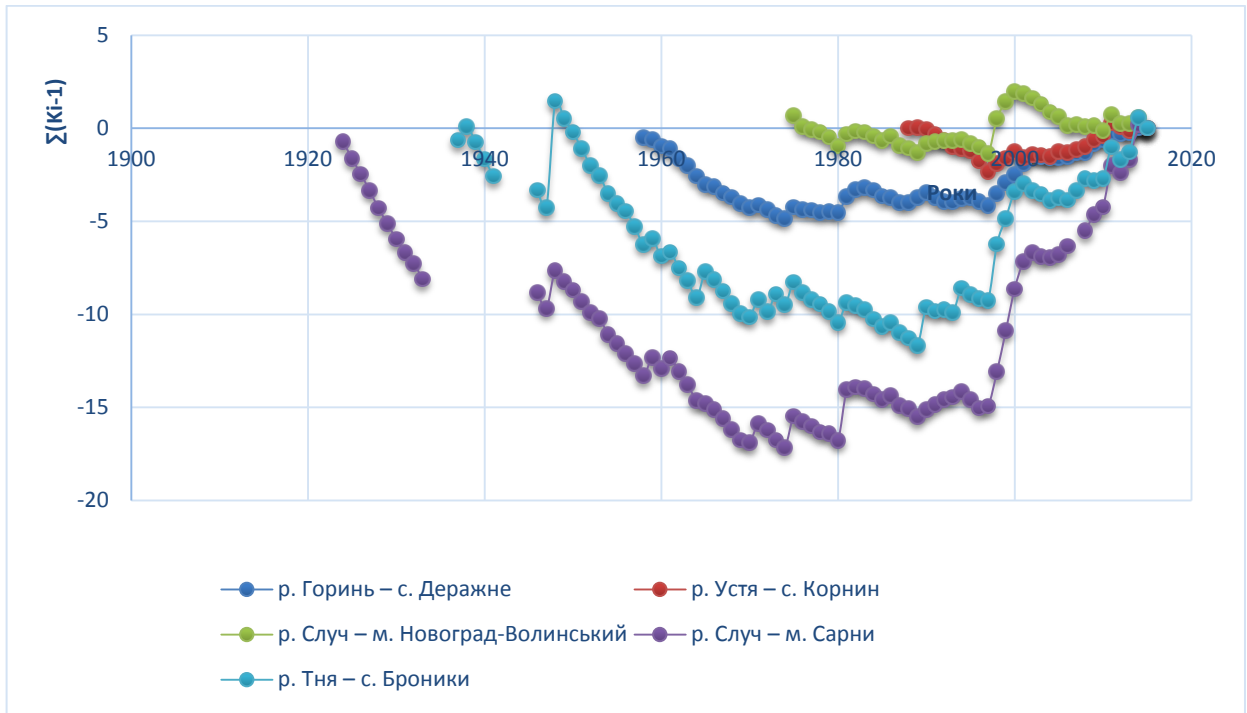


Рис. Б3 - Різницеви інтегральні криві мінімального стоку зимової межени в басейні р. Прип'ять в межах України (3)

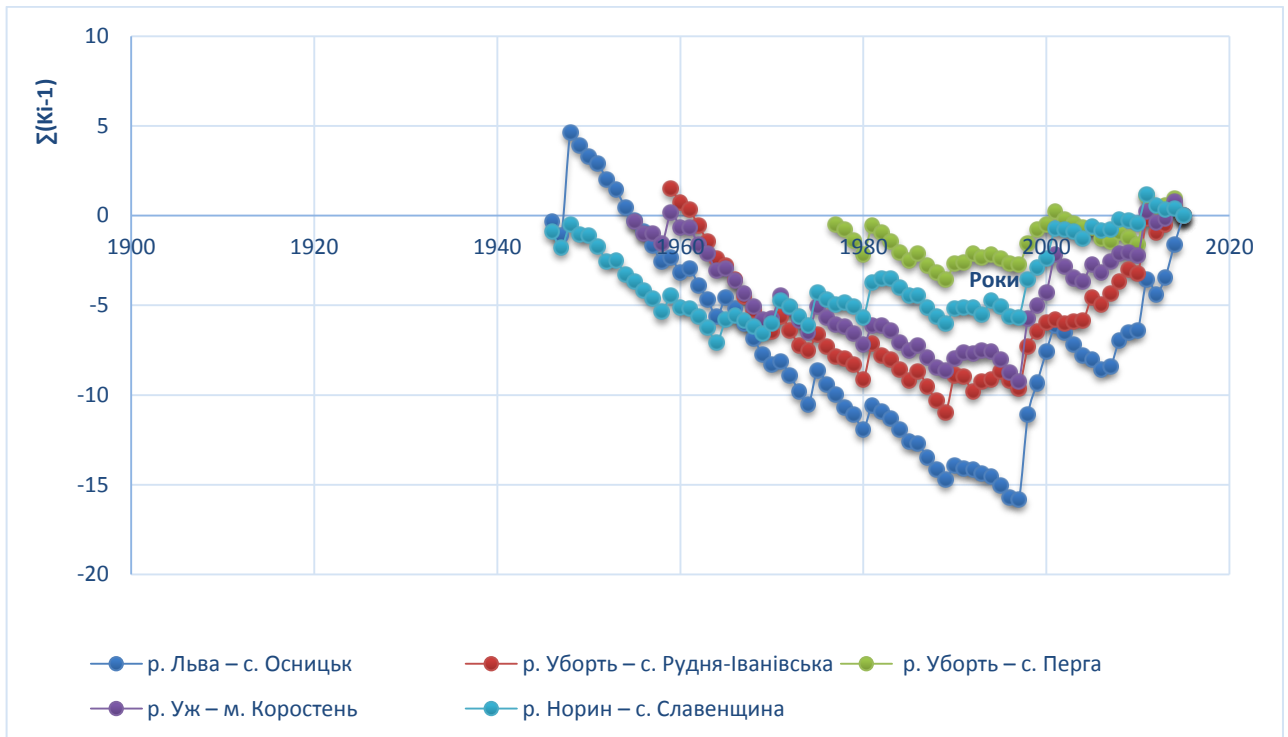


Рис. Б4 - Різницеви інтегральні криві мінімального стоку зимової межени в басейні р. Прип'ять в межах України (4)