

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА

Факультет гідрометеорології і екології

Кафедра гідрології суші

Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти « магістр »

ОЦІНКА ВОДНИХ РЕСУРСІВ ЛІВОБЕРЕЖНИХ ПРИТОК ВЕРХНЬОГО ДНІСТРА В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

ASSESSMENT OF WATER RESOURCES OF THE LEFT-BANK TRIBUTARIES OF THE UPPER DNIESTER IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

Виконав(ла): здобувач(ка) денної форми навчання
спеціальності 103 «Науки про Землю»

Освітня програма Гідрологія і комплексне
використання водних ресурсів

Гуляк Таміла Василівна

(прізвище, ім'я, по-батькові здобувача)

Керівник д.геогр.н., проф. Лобода Н.С.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент канд. геогр. наук, доц. Юрасов С.М.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Рекомендовано до захисту:
Протокол засідання кафедри
гідрології суші
№ 5 від 09.12. 2025 р.

Завідувачка кафедри

ОВЧАРУК Валерія

(підпис)

(прізвище, ім'я)

Захищено на засіданні ЕК № _____
протокол № _____ від _____ . _____ . 20____ р.

Оцінка _____ / _____ / _____
(за національною шкалою/шкалою ECTS/ бали)

Голова ЕК

(підпис)

(прізвище, ім'я)

Одеса 2025

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра гр. МГ-24 Гуляк Т.В. за темою: «Оцінка водних ресурсів лівобережних приток Верхнього Дністра в умовах змін клімату».

Актуальність робіт з дослідження річного стоку Дністра обумовлена необхідністю виконання цілей сталого розвитку (ЦСР) України до 2030 року, а саме забезпечення доступності та сталого управління водними ресурсами та санітарією), що відображено в Указі Президента України від 30 вересня 2019 р. № 722 «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року».

Метою досліджень наведеної магістерської роботи є виявлення змін характеристик річного стоку лівобережних приток Верхнього Дністра, обумовлених глобальним та регіональним потеплінням, яке спостерігається на території України.

Об'єктом дослідження представленої магістерської роботи є характеристики річного стоку лівобережних приток Верхнього Дністра.

Предметом дослідження є оцінка змін характеристик річного стоку лівобережних приток Верхнього Дністра на початку XXI сторіччя, коли головним чинником формування річного стоку стали кліматичні зміни.

Методами дослідження є методи первинного статистичного аналізу, метод регресійного аналізу, метод побудови та аналізу різницевих інтегральних кривих.

Основні результати полягають у визначенні причин різної реакції водозборів Верхнього Дністра на зміни клімату. Основним чинником є внесок весняного водопілля у формування річного стоку.

Новизна роботи полягає у виявленні суттєвих змін температур повітря зимового сезону та їхнього впливу на формування весняного водопілля та річного стоку в цілому і виявленні від'ємних трендів у коливаннях стоку весняних місяців.

Результати роботи можуть бути використані під час обґрунтування робіт з відновлення водних ресурсів та водних екосистем, рибного господарства, упередження появи катастрофічних водопіль, визначення можливостей регулювання стоку водосховищами, забезпечення водою меліоративних систем у таких галузях застосування як гідрометеорологія, управління водними ресурсами, захист довкілля та природних ресурсів, енергетика і комунальні послуги.

Структура і обсяг роботи:

Кількість сторінок – 57

Кількість рисунків – 22

Кількість таблиць – 11

Кількість літературних джерел – 30

Ключові слова: зміни клімату, кліматичні чинники формування стоку, водні ресурси, внесок весняного водопілля.

ABSTRACT

Master's thesis by Gulyak T.V., group MG-24, on the topic: “Assessment of water resources of the left-bank tributaries of the Upper Dniester in the context of climate change.”

The relevance of research on the annual flow of the Dniester is determined by the need to achieve Ukraine's sustainable development goals (SDGs) by 2030, namely ensuring access to and sustainable management of water resources and sanitation), as reflected in the Decree of the President of Ukraine No. 722 of September 30, 2019, “On the Sustainable Development Goals of Ukraine for the period up to 2030.”

The purpose of the research in this master's thesis is to identify changes in the characteristics of the annual runoff of the left-bank tributaries of the Upper Dniester caused by global and regional warming observed in Ukraine.

The object of research in this master's thesis is the characteristics of the annual runoff of the left-bank tributaries of the Upper Dniester.

The subject of the research is to assess changes in the characteristics of the annual runoff of the left-bank tributaries of the Upper Dniester at the beginning of the 21st century, when climate change became the main factor in the formation of annual runoff.

The research methods are methods of primary statistical analysis, regression analysis, and the method of constructing and analyzing differential integral curves.

The main results are the identification of the reasons for the different responses of the Upper Dniester catchments to climate change. The main factor is the contribution of spring floods to the formation of annual runoff.

The novelty of the work lies in identifying significant changes in air temperatures during the winter season and their impact on the formation of spring floods and annual runoff in general, as well as identifying negative trends in runoff fluctuations during the spring months.

The results of the work can be used to justify work on the restoration of water resources and aquatic ecosystems, fisheries, the prevention of catastrophic floods, the

determination of the possibilities for regulating reservoir flow, and the provision of water for irrigation systems in such areas of application as hydrometeorology, water resource management, environmental and natural resource protection, energy, and utilities.

Structure and scope of work:

Number of pages – 57

Number of figures – 22

Number of tables – 11

Number of references – 30

Keywords: climate change, climatic factors influencing runoff, water resources, contribution of spring floods.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Стисла фізико-географічна характеристика лівобережних приток верхнього Дністра	9
1.1 Географічне положення та рельєф.....	9
1.2 Грунтовий та рослинний покрив	12
1.3 Клімат.....	12
1.4 Водний режим.....	13
1.5 Гідрометеорологічна вивченість.....	16
2 Статистичний аналіз рядів річного стоку лівобережних приток Дністра	22
2.1 Теоретичні основи оцінок статистичних параметрів за даними спостережень	22
2.2 Аналіз статистичних параметрів річного стоку, розрахованих за методом моментів.....	26
2.3 Установлення циклічності коливань стоку на основі згладжування хронологічних рядів стоку.....	27
2.4 Установлення циклічності коливань стоку на основі різницевих інтегральних кривих.....	30
2.5 Вияв трендів у коливаннях річного стоку на основі рівнянь лінійної парної регресії	34
3 Зміни кліматичних чинників формування річного стоку та водних ресурсів лівобережного Дністра.....	41
3.1. Огляд літературних джерел щодо зміни стоку верхнього Дністра на початку ХХІ сторіччя.....	41
3.2. Зміни температур повітря на початку ХХІ сторіччя	44
3.3 Зміни річних сум опадів на початку ХХІ сторіччя	48
3.4 Зміни внутрішньорічного розподілу стоку на початку ХХІ сторіччя	51
Висновки.....	55
Перелік джерел посилання	57

ВСТУП

Згідно з Водним кодексом України (1995), водні ресурси – це обсяги поверхневих, підземних і морських вод відповідної території. На практиці, як в Україні, так і в багатьох країнах світу, поняття «водні ресурси» трактується у вузькому розумінні – це прісні поверхневі та підземні води, які знаходяться у водних об'єктах і використовуються або можуть бути використані людиною. Розрізняють відновні ресурси прісних вод – річковий стік у моря та океани, який формується за рахунок атмосферних опадів у річковому басейні та живлення підземними водами та невідновні (статичні) водні ресурси – глибокі горизонти підземних вод, ступінь поповнення яких незначний у людському масштабі часу [23].

Дослідження В.К. Хільчевського [22] виконане ним на основі глобальної інформаційної системи Aquastat, яка належить Продовольчій та сільськогосподарській організації ООН (Food and Agriculture Organization, FAO) показало, що загальні відновні водні ресурси України становлять $175,3 \text{ км}^3$ на рік, з яких 97% формується за рахунок поверхневого річкового стоку і лише 3% (5 км^3) за рахунок підземних вод.

Оскільки в процесі водовикористання приймають участь головним чином води річок, під водними ресурсами територій і країн розуміють величину середнього багаторічного річного стоку річок [4].

Актуальність виконання робіт з дослідження річного стоку Дністра обумовлена необхідністю виконання цілей сталого розвитку (ЦСР) України до 2030 року, а саме забезпечення доступності та сталого управління водними ресурсами та санітарією), що відображено в Указі Президента України від 30 вересня 2019 р. № 722 «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року». В Водній Стратегії України до 2050 року зазначається необхідність адаптації України до наслідків змін клімату [3].

Об'єктом дослідження представленої магістерської роботи є характеристики річного стоку лівобережних приток Верхнього Дністра. Предметом дослідження є оцінка змін характеристик річного стоку

лівобережних приток Верхнього Дністра на початку ХХІ сторіччя, коли головним чинником формування річного стоку стали кліматичні зміни [21].

Метою досліджень наведеної магістерської роботи є виявлення змін характеристик річного стоку лівобережних приток Верхнього Дністра, обумовлених глобальним та регіональним потеплінням яке спостерігається на території України.

Матеріали досліджень представлені у вигляді середніх місячних та річних температур повітря, опадів та витрат води у часовий період з середини 40-х минулого сторіччя до 2021 року включно по метеорологічним станціям і гідрологічним постам на території, яка вивчається.

Основними методами досліджень є методи первинного статистичного аналізу, метод регресійного аналізу, метод побудови та аналізу різницевих інтегральних кривих.

Згідно висновкам В.В. Гребіня [6] переламним роком на території України є 1989 рік, починаючи з якого почалися статистично значущі зміни температур повітря. У зв'язку із цим оцінки змін характеристик річного стоку та кліматичних чинників його формування виконувалися шляхом їх порівняння за часові інтервали до та після 1989 року.

Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків, загальним об'ємом 120 сторінок.

Результати роботи можуть бути використані у НДР кафедри гідрології суші “Гідрологічний і гідрохімічний режими річок України в сучасних умовах водокористування і зміни клімату” (2023-2027pp.).

Опубліковані наукові роботи.

Гуляк Т.В. Зміна характеристик опадів та температур повітря лівобережної частини верхнього Дністра на початку ХХІ століття // МАТЕРІАЛИ до 81-ї звітної студентської наукової конференції ОНУ імені І.І. Мечникова. С.176-180.

1 СТИСЛА ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЛІВОБЕРЕЖНИХ ПРИТОК ВЕРХНЬОГО ДНІСТРА

1.1 Географічне положення та рельєф

Транскордонний річковий басейн Дністра розташований на території трьох країн: України, Республіки Молдови та Республіки Польщі (рис.1).



Рисунок 1.1 – Річковий басейн Дністра [1]

Загальна довжина Дністра становить 1362 км, в межах України – 662 км (довжина українсько-молдавської ділянки становить 225 км). Площа водозбору – 72,1 тис. км². Район басейну річки (РБР) Дністра покриває 8,7% території України.

Басейн Дністра охоплює територію 7 областей України (Львівська, Івано-Франківська, Чернівецька, Тернопільська, Хмельницька, Вінницька та Одеська) [1].

Гідрографічна мережа РБР Дністер включає 499 річок із площею водозбору більше 10 км², 33 водосховища (з об'ємом більше 1 млн м³).

Згідно з наказом Міністерства екології та природних ресурсів України №103 від 3 березня 2017 року «Про затвердження меж районів річкових басейнів, суббасейнів та водогосподарських ділянок» у РБР Дністер виділяється 12 водогосподарських ділянок. Район басейну річки Дністер не має суббасейнів [19].

Основними елементами рельєфу є Волино-Подільська височина і Причорноморська низовина. Волино-Подільська височина включає до себе Волинську височину та Поліську височину, які розділяє рівнина мале Полісся. Волинська та Подільська височини вкриті товщею неогенових вапняків, які добре розмиваються. Для багатьох лівобережних приток характерне тектоничне походження долин (річки Золота Липа, Серет, Збруч). Найвища точка Подільської височини – гора Камула (473 м над рівнем моря). Карстовий рельєф представлений підземними формами [9].

Річки, що розчленовують Подільське плато на ряд витягнутих в меридіональному напрямку окремих масивів, спочатку течуть в неглибоких балках - долинах, в середній і нижній течії цих річок глибина долин досягає 100-150 м. Висота плато на півночі 340-360 м, на північ поступово знижується і в Придністров'ї становить 200-260 м [19]. Крайня південна частина його розташована на Причорноморській низовині, що представляє собою рівнину, яка полого спускається до Чорного моря.

Найбільш вражаючою та відомою ділянкою Дністра є його проходження через Подільську височину. Тут річка утворила один з найглибших і наймальовничіших у Європі Дністровський каньйон. Стіни каньйону досягають висоти до 200-250 метрів, утворюючи унікальні тераси, стрімкі скелі та печери. Подільська височина сама по собі є підвищеною рівниною, але саме Дністер створив у ній цю величну ущелину. До лівих приток Дністра, які протікають на Волино-Подільській височині, належать Верещиця, Щерек, Зубра, Золота Липа, Гнила Липа, Стрипа, Серет, Збруч, Смотрич, Ушиця, Лядова, Марковка, Мурафа

та інші, які мають середні висоти водозборів 250 - 370 м, густоту річкової мережі 0,3 - 0,7 км/км², а в нижній частині 0,20 км/км² і менше.

Наближаючись до гирла, Дністер виходить на простори Причорноморської низовини. Тут рельєф стає рівнинним, а річка значно розширюється і сповільнює свою течію. Ця зона характеризується більш м'якими обрисами берегів, розлогими заплавами, де формуються численні рукави та озера. Це територія, де сільське господарство відіграє значну роль, а річка активно використовується для зрошення.

Завершує свій шлях Дністер у Дністровському лимані - великій, опрісненій затоці (лимані), що відокремлена від Чорного моря вузьким пересипом. Лиман є важливим екологічним об'єктом, місцем нересту риби та міграції птахів. Він є кінцевою точкою Дністра перед його злиттям з морськими водами, утворюючи унікальну екосистему перехідного типу.



Рисунок 1.2 – Фізична мапа басейну Дністра [1]

1.2 Ґрунтовий та рослинний покрив

Ґрунти лівобережжя відносяться до Центральної лісостепової та степової зони суббореального поясу з опідзоленими вилуженими і типовими чорноземами. Вони формуються на відкладах лесового комплексу. Ґрунти на більшій частині території басейну (Прикарпаття, Розточчя, Опілля і Подільське плато) середньо - і легкосуглинкові, переважно пилуваті.

На Поділлі трапляються грабові та дубові ліси. В долинах річок дуже поширені чагарники. Придністровське Поділля – єдина в Україні територія, де зустрічаються теплолюбні ліси дуба скельного, а в урочищі Шутроминське росте кілька десятків рідкісних для Західного Поділля дерев береки.

У степовій (нижній) частині басейну ліси збереглися переважно в ярах. Уся пригирлова частина Дністра вкрита густою рослинністю (верби, тополі); вони здебільшого ростуть на прируслових валах. Поблизу лиману трапляються лише поодинокі дерева. У Дністрових плавнях переважає очерет звичайний. Зрідка можна натрапити на озерні луки.

1.3 Клімат

У формуванні клімату верхнього і середнього Дністра велику роль відіграють Карпати і Волинська височина. У гірській частині басейну відзначається знижений фон температури повітря, висока вологість. Південні райони належать Чорноморської кліматичної підобласті, яка є частиною атлантико-континентальної степової кліматичної області.

Зима тут зазвичай м'яка, нестійка, характеризується зміною морозних періодів відлигами. У травні настає безхмарна і спекотна погода. Річний хід абсолютної вологості повітря синхронний з річним ходом температури повітря: максимум зафіксований в липні, мінімум - в січні. Значною в басейні є і різниця в кількості атмосферних опадів: від 600 мм на півночі лівобережжя частині до 500 мм в нижній течії (рис. 1.2).

Важлива відмінність і в товщині снігового покриву. Значним він є в Карпатах: максимальна товщина (приблизно 80 см) зазвичай спостерігається в першій половині лютого. В окремі зими товща снігу сягає 1,5 м. У передгір'ї товщина снігу вдвічі менша. У гирловій ділянці сніговий покрив нестійкий. Його товщина близько 5 см.

Аналіз змін клімату на основі ансамблю моделей регіонального клімату «помірного» сценарію показав, що у порівнянні з 1981-2010 роками до середини століття можна очікувати зростання середньорічної, максимальної і мінімальної температури повітря на 1,0-1,2°C. При цьому підвищення мінімальної температури буде, ймовірно, більшим, ніж максимальної, внаслідок чого зменшиться місячна і річна амплітуди.

Найбільше потепління слід очікувати в холодний період року, особливо в зимові місяці. До середини XXI століття в басейні Дністра можлива зміна і режиму зволоження. Хоча загальна кількість опадів за рік істотно не зміниться (при обраному сценарії його збільшення і зменшення різновірогідні), можливим є їх істотний перерозподіл між сезонами і місяцями. Ймовірно, подовжиться період без дощів, але при цьому зросте інтенсивність і повторюваність сильних опадів (особливо сильних дощів) і нерівномірність їх розподілу по території басейну. В цілому в басейні можна очікувати більш м'яку і вологу зиму, більш спекотне та сухе літо, теплий і вологий вересень і більш посушливу і теплу осінь.

Одним з головних проявів регіональних кліматичних змін на тлі глобальних процесів потепління є істотне підвищення температури повітря [28], зміна термічного режиму та структури опадів, збільшення кількості небезпечних метеорологічних явищ та екстремальних погодних умов, збитків, які вони зумовлюють різним галузям економіки та населенню країни [8].

1.4 Водний режим

Гідрологічний режим Дністра є типовим для річок з переважно сніговим живленням, із яскраво вираженою весняною повіддю, літніми паводками та

зимовою меженню. Йому притаманна нерівномірність стоку протягом року, з різкими підйомами та спадами рівня води, що зумовлюється як природними чинниками (опади, танення снігу, температура повітря), так і антропогенними впливами (регулювання стоку водосховищами, гідроелектростанціями, водозабором тощо).

Живлення річки є змішаним – сніговим, дощовим і підземним, але домінує саме снігове. У верхній частині басейну, зокрема в Карпатах, значну роль відіграють атмосферні опади, які часто стають причиною інтенсивних паводків. Весною, під час танення снігу, спостерігається найбільший обсяг стоку – до 60–70% річної водності. Цей період характеризується повінню, що настає у березні–квітні, іноді – в травні, залежно від погодних умов.

У літній період рівень води в річці знижується, однак часто відбуваються короточасні паводки, викликані сильними зливами. Ці паводки найбільш характерні для гірської частини басейну Дністра, де круті схили та нестійкі ґрунти сприяють швидкому поверхневому стоку. У середній та нижній течіях паводки мають меншу амплітуду, проте тривають довше.

Осінь – це період сталого зниження рівня води, межені. Водність річки зменшується до мінімальних значень, хоча іноді можуть траплятися осінні паводки, викликані затяжними дощами. В цей період спостерігається зниження температури води, уповільнення біологічних процесів і стабілізація гідрологічної ситуації.

Зимовий період характеризується низьким рівнем води і появою льодових явищ. На більшій частині річки формується шуга, забереги, згодом – льодостав. У гірських районах Карпат ці явища менш виражені або відсутні через більшу швидкість течії. В окремі роки під час зимових відлиг можливі незначні паводки. Загалом взимку Дністер має мінімальні витрати води, і це період найнижчої водності.

Гідрологічний режим річки Дністер значною мірою змінений унаслідок господарської діяльності. На річці збудовано кілька великих водосховищ і гідротехнічних споруд, зокрема Дністровське водосховище, Дністровську ГЕС

та ГАЕС. Ці об'єкти регулюють стік, запобігають катастрофічним паводкам, забезпечують водопостачання, іригацію, гідроенергетику, однак водночас змінюють природну сезонну динаміку річки, впливають на флору і фауну, знижують біорізноманіття заплав.

Гідрологічний режим Дністра відрізняється у верхній, середній та нижній течіях. У верхів'ї річки, що проходить через Карпати, течія стрімка, паводки раптові та високі. У середній течії річка має більш рівнинний характер, течія уповільнюється, паводки стають більш розтягнутими в часі. У нижній течії, гідрологічний режим більш рівномірний завдяки впливу водосховищ і меншій кількості опадів.

Таким чином, річка Дністер має складний, динамічний і регульований гідрологічний режим. Йому притаманні виражені сезонні коливання стоку, значна роль весняного водопілля, літніх паводків та зимової межені. Ці особливості обов'язково враховуються під час планування водокористування, гідроенергетики, водного моніторингу та екологічного управління басейном річки. Характерною особливістю гідрологічного режиму Дністра є паводки теплого періоду (квітень-жовтень), зокрема влітку, в окремі роки проявляються паводки холодного періоду (листопад-березень). Нерідко максимальні витрати зливових паводків значно перевищують максимуми весняного водопілля.

Нерівномірність річкової мережі та кліматичні умови обумовлюють різну водність приток Дністра. Для верхньої гірської частини басейну, особливо правобережжя, характерним є паводковий режим протягом всього року. Для річок середньої та нижньої частин басейну типовими є весняне водопілля і низькі паводки у теплого періоду.

Характерною особливістю природного водного режиму річок Волино–Подільської частини басейну (в межах Подільського гідрологічного району) є формування вираженого водопілля, під час якого проходить від 50 % до 80 % річного стоку, та період межені, що може перериватися невисокими і нечастими дощовими (тало-дощовими) паводками. Літні дощі, як правило, не викликають інтенсивних паводків у період літньо-осінньої межені. Але оскільки стік верхньої

Карпатської частини району басейну річки Дністер складає в середньому 70 % стоку Дністра, то паводковий режим зберігається на всьому її протязі.

Весняне водопілля на рівнинних притоках у межах Волино-Подільської височини проходить трохи раніше ніж на гірських. Середні строки початку - перша декада березня. Найвищі рівні приходяться зазвичай на другу-третю декаду березня.

Льодовий режим є нестійким з частим встановленням не потужного льодоставу та його скресання. Це приводить до утворення заторів, які нерідко досягають значних розмірів і супроводжуються високим підняттям рівня води (до 4 м і більше). Часто заторні явища відмічаються й у верхній частині Дністровського водосховища.

1.5 Гідрометеорологічна вивченість

Загальна кількість метеорологічних постів в басейні Дністра дорівнює 13 (рис.1.3). У розрахунках для лівобережжя використані дані таких метеостанцій Дрогобич (275 м), Яворів, Львів (312-330 м), Мостиська, Кам'янка-Бузька, Кам'янець-Подільський, Тернопіль (табл.1.1). Найменші температури спостерігаються на північному заході території, найбільші – на півдні (табл.1.2).

Середня річна кількість опадів зменшується від 650 мм на заході до 570 мм на південному сході території, що розглядається (рис. 1.4).

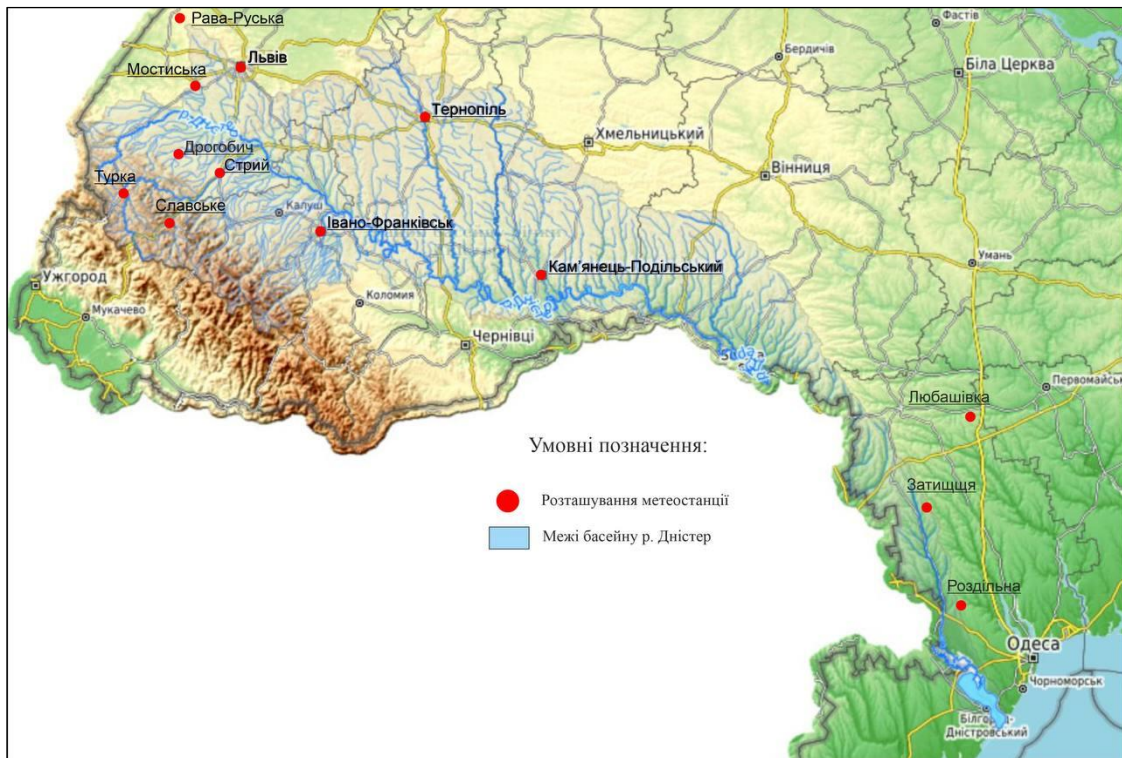


Рисунок 1.3 – Карта розташування метеорологічних постів [1]

Таблиця 1.1 – Метеорологічні характеристики

Метеорологічні станції	Річна температура повітря, °C	Абсолютний мінімум температури, °C	Абсолютний максимум температури, °C
м. Дрогобич	8	-33,6	37
с. Рава-Руська	7,9	-31	34,6
м. Львів	7,6	-33	37
м. Івано-Франківськ	7,8	-35,7	37,3
м. Тернопіль	7,3	-34	36
с. Мостиська	8,3	-32	39
м. Кам'янець-Подільський	8,3	-34	39,2
с. Затиштя	9,3	-30	40,1
с. Любашівка	8,9	-37,2	36,9
сmt. Роздільна	9,9	-29	41,3

Таблиця 1.2 – Середня місячна температура повітря, °С

Метеорологіч станції	Місяці											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
м.Дрогобич	-3,2	-2,0	2,2	8,5	13,5	16,8	18,4	17,7	13,5	8,3	3,4	-1,0
с.Рава-Руська	-3,3	-2,3	1,7	8,2	13,5	16,8	18,4	17,7	13,4	8,2	3,1	-1,1
м.Львів	-3,7	-2,7	1,5	8,2	13,4	16,7	18,1	17,6	13,3	8,0	2,8	-1,6
м.Івано- Франківськ	-4,0	-2,6	1,8	8,5	13,8	17,1	18,7	18,0	13,7	8,0	2,7	-1,9
м.Тернопіль	-4,7	-3,6	0,7	7,9	13,7	16,9	18,4	17,7	13,2	7,6	2,2	-2,4
с.Мостиська	-2,9	-1,6	2,4	8,6	13,7	17,2	18,7	18,1	13,9	8,9	3,7	-0,8
м.Кам'янець- Подільський	-4,0	-2,6	2,0	9,2	14,7	17,9	19,5	18,9	14,4	8,6	3,0	-1,7
с.Затишшя	-3,4	-2,3	2,3	9,8	15,9	19,6	21,5	21,2	16,1	9,5	3,6	-1,1
с.Любашівка	-4,0	-2,8	1,7	9,3	15,5	19,1	21,0	20,5	15,5	9,0	3,0	-1,4
сmt.Роздільна	-2,9	-1,7	2,8	10	16,1	20	22,1	21,7	16,5	10	4,2	-0,5

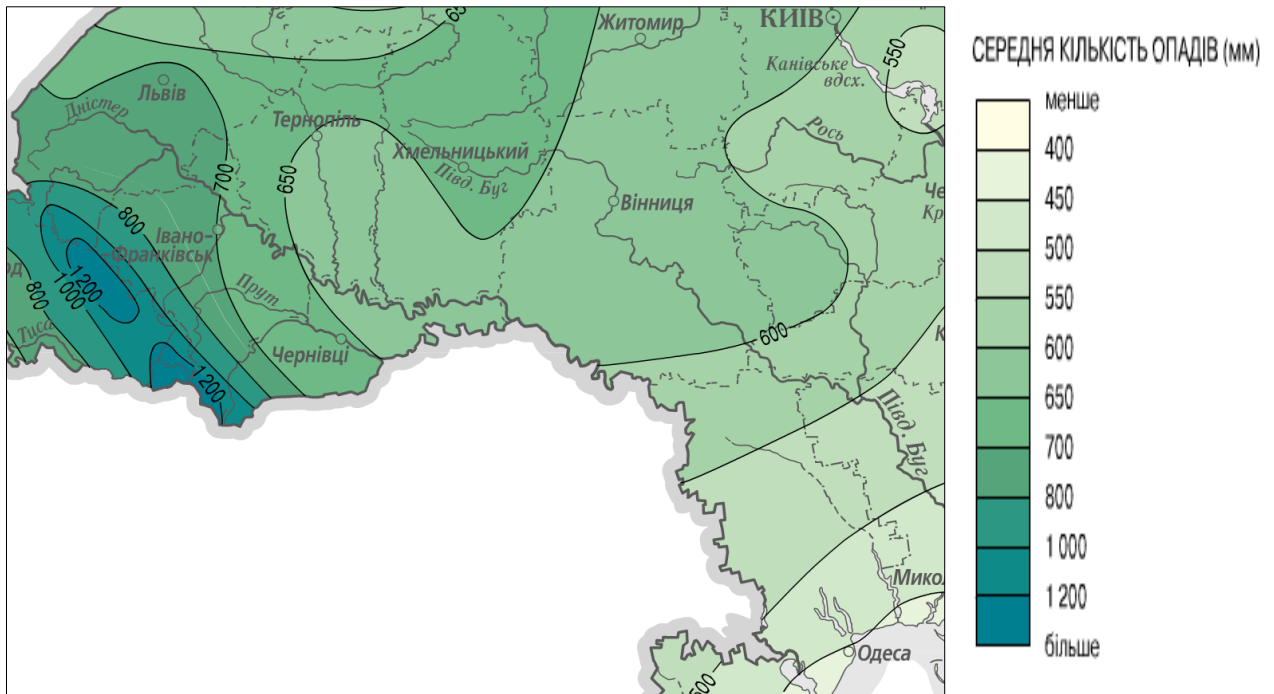


Рисунок 1.4 – Сумарні річні опади р. Дністер

Розглянуто 23 водозбори лівобережжя Верхнього Дністра (рис.1.5). Установлено, що більшість водозборів відноситься до малих, тобто має площу водозбору менше 2000 км². Середня висота водозборів дорівнює 300 м – 400м над рівнем моря. Тривалість спостережень на різних водозборах змінюється від 58 до 77 років в інтервалі 1946-2021 рр.

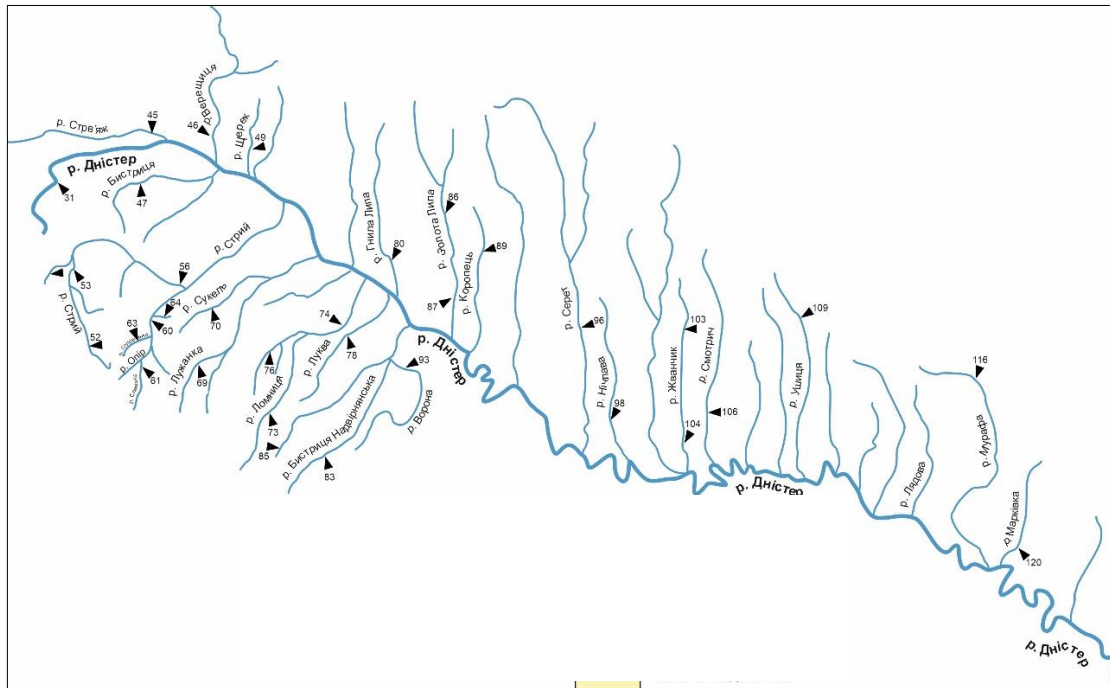


Рисунок 1.5 – Водозбори лівобережжя Верхнього Дністра

Модуль середнього багаторічного стоку за розглянутий період змінюється від 2 до 6 дм³/с*км² (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Гідрологічні показники водозборів лівобережжя Верхнього Дністра

№ з/П	№ поста	Річка – пост	п, років	F, км ²	H _{сер}	Q _{ср} , м ³ /с	Модуль стоку	Лісистість
1	46	р.Верешиця - с.Комарне	65	812	310	4,92	6,06	23
2	49	р.Щерек-м.Щирець	76	307	300	1,94	6,33	12
3	80	р.Гнила Липа - м.Більшівці	77	848	320	4,21	4,96	27
4	86	р.Золота Липа-м.Бережани	76	690	360	3,96	5,74	24
5	87	р.Золота Липа-м.Задарів	67	1390	360	8,06	5,80	20
6	89	р.Коропець-с.Підгайці	76	227	380	1,02	4,51	13
7	91	р.Стрипа-с.Каплинці	76	411	370	1,57	3,83	2
8	92	р.Стрипа-м.Бучач	58	1270	360	6,52	5,13	2,8
9	95	р.Серет-м.Велика Березовиця	60	939	360	4,96	5,28	16
10	96	р.Серет-м.Чортків	77	3170	350	12,56	3,96	12
11	98	р.Нічлава-м.Стрілківці	67	623	300	1,80	2,89	19
12	99	р.Збруч-м.Волочиськ	65	712	320	2,91	4,09	1
13	100	р.Збруч-с.Завалля	50	3130	310	13,12	4,19	20
14	103	р.Жванчик-м.Кугаєвці	75	229	320	0,67	2,93	9,1
15	104	р.Жванчик-м.Ластівці	68	703	280	1,77	2,51	9,1

Кінець таблиці 1.3

16	105	р.Смотрич-м.Купин	77	799	310	2,85	3,57	7
17	106	р.Смотрич-м.Цибулівка	77	1790	300	5,09	2,85	6
18	107	р.Мукша – с.Мала Слобідка	68	302	280	0,92	3,04	10
19	109	р.Ушиця-м.Зиньків	76	525	300	2,03	3,87	15
20	110	р.Ушиця-м.Тимків	50	1370	290	4,24	3,10	15
21	111	р.Калюс-м.Ушиця	71	259	280	0,79	3,04	15
22	116	р.Мурафа -м. Кудіївці	58	70	330	0,18	2,63	9
23	120	р.Марківка-с.Підлісівка	71	615	260	1,33	2,17	3

2 СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ РЯДІВ РІЧНОГО СТОКУ ЛІВОБЕРЕЖНИХ ПРИТОК ДНІСТРА

2.1 Теоретичні основи оцінок статистичних параметрів за даними спостережень

Ряди стоку розглядаються як реалізації стаціонарних, ергодичних випадкових процесів, які описуються статистичними законами розподілу. Параметрами цих законів розподілу є середнє арифметичне, середнє квадратичне відхилення, коефіцієнт варіації, коефіцієнт асиметрії, коефіцієнт автокореляції.

Статистичні параметри, розраховані за даними спостережень, розглядаються як оцінки параметрів генеральної сукупності, які певним чином можуть відрізнятися одне від одного. У зв'язку із цим виконуються спеціальні розрахунки, які дозволяють визначити точність отриманих параметрів [4].

Розрахунок вибірових оцінок статистичних параметрів річного стоку: середнього багаторічного значення $\bar{q}$, коефіцієнта варіації C_V і відношення C_S / C_V , найчастіше проводиться за рядами спостережень за допомогою методів найбільшої правдоподібності чи методу моментів [20].

Незміщені оцінки статистичних параметрів рядів річного стоку при використанні методу моментів обчислюється за формулами:

- середнє арифметичне

$$\bar{q} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n}; \quad (2.1)$$

- середнє квадратичне відхилення

$$\sigma_q = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2}{n-1}}; \quad (2.2)$$

- коефіцієнт варіації C_V

$$C_V = \frac{\sigma_q}{\bar{q}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n - 1}}; \quad (2.3)$$

- коефіцієнт асиметрії C_S

$$C_S = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{C_V^3}, \quad (2.4)$$

де q_i - модуль стоку або може бути використана витрата (Q), шар стоку (Y), об'єм стоку (W);

k_i - модульний коефіцієнт, рівний

$$k_i = \frac{q_i}{\bar{q}}, \quad (2.5)$$

де n - довжина ряду спостережень.

Середні квадратичні відхилення розрахункових (вибіркових) значень статистичних параметрів від відповідних параметрів генеральної сукупності встановлюються за формулами, отриманими в результаті проведення статистичних випробувань [12]. Що стосується оцінки математичного сподівання, то її середньоквадратичне відхилення розраховується за формулою, розробленою для величин, які підлягають нормальному закону розподілу, тобто формула може бути отримана аналітичним шляхом, дотримуючись при цьому припущення, що нормальний закон розподілу вибірових середніх зберігається і для вибірок, які відхиляються від нормального розподілу

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}. \quad (2.6)$$

Похибки σ_{Cv} коефіцієнтів варіації Cv , розрахованих за методом моментів, обчислюються за такими формулами

$$\sigma_{Cv} = Cv \sqrt{(1 + C_v^2) / 2n} \quad (2.7)$$

або

$$\sigma_{Cv} = \frac{Cv}{n + 4Cv^2} \sqrt{\frac{n}{2}(1 + C_v^2)}. \quad (2.8)$$

Середня квадратична похибка коефіцієнта асиметрії σ_{Cs} визначається за теоретичною формулою С.М.Крицького та М.Ф.Менкеля

$$\sigma_{Cs} = \sqrt{\frac{6}{n}(1 + 6C_v^2 + 5C_v^4)}, \quad (2.9)$$

або за формулою А.Ш. Резніковського

$$\sigma_{Cs/Cv} = \frac{1}{Cv} \sqrt{\frac{6}{n}}. \quad (2.10)$$

де $\sigma_{\bar{q}}$, σ_{Cv} , σ_{Cs} , $\sigma_{Cs/Cv}$ – середньоквадратичні відхилення середніх арифметичних значень, коефіцієнта варіації, коефіцієнта асиметрії та відношення Cs/Cv від відповідних значень параметрів генеральної сукупності.

Якщо розрахований параметр більше подвоєної похибки свого визначення, то він розглядається як статистично значущий, наприклад

$$Cs > 2\sigma_{Cs}. \quad (2.11)$$

Для оцінки точності розрахунків використовується також відносне середнє квадратичне відхилення, яке порівнюється з допустимим [10]. За допомогою допустимої похибки оцінюється якість визначення статистичних параметрів.

Якщо $\varepsilon_A \leq \varepsilon_{\text{ДОП.}}$, то набуте значення статистичного параметра розглядається як значуще і приймається до розрахунку. ε_A визначається за формулою

$$\varepsilon_A = \frac{\sigma_A}{A} \cdot 100\%, \quad (2.12)$$

де σ_A - середнє квадратичне відхилення оцінки параметра A .

Відносна похибка розрахунку середнього арифметичного визначається за такою формулою

$$\varepsilon_{\bar{x}} = \frac{\sigma_{\bar{x}}}{\bar{x}} = \frac{\sigma_x}{\bar{x}\sqrt{n}} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \cdot 100\%. \quad (2.13)$$

Для середніх арифметичних значень допустимою похибкою є 10%.

Відносна випадкова похибка коефіцієнта варіації визначається таким чином

$$\varepsilon_{C_v} = \frac{\sigma_{C_v}}{C_v} \cdot 100\%. \quad (2.14)$$

Допустимою похибкою визначення коефіцієнта варіації є величина, що дорівнює 15%.

Відносна похибка визначення коефіцієнта асиметрії розраховується за виразом

$$\varepsilon_{C_s} = \frac{\sigma_{C_s}}{C_s} \cdot 100\% . \quad (2.15)$$

Метод моментів застосовується у випадках, коли коефіцієнт варіації менше 0,5, що є притаманним річному стоку в басейні Дністра [2].

2.2 Аналіз статистичних параметрів річного стоку, розрахованих за методом моментів

Середнє арифметичне річного стоку, розраховане за весь період спостережень, є незміщеною, умотивованою та ефективною оцінкою математичного сподівання [25]. Для всіх водозборів виконується умова, що $\varepsilon_{\bar{q}} \leq 10\%$ (Додаток А). Середні багаторічні значення стоку змінюються з 6,06 на півночі до 2.17 л/с/км² на півдні, що у вигляді шару стоку становить 191 мм та 68 мм відповідно. Такі значні зміни обумовлені зміною кліматичних чинників лівобережної частини Дністра у напрямі з півночі на південь.

Значення коефіцієнту варіації змінюються від 0,23 до 0,64 (р.Мурафа – Кудіївці). Найбільше значення коефіцієнтів варіації відносяться до Нижнього Поділля, де значний вплив водогосподарської діяльності. Розглянуті водозбори у своїй більшості відносилися до зони достатньої водності [24]. На початку ХХІ сторіччя межа зони недостатньої водності (степова) стала підніматися до півночі [14], отже водозбори нижнього Поділля перейшли у цю зону.

Значення коефіцієнту асиметрії змінюються від близьких до нуля значень до 2 з великою похибкою визначення, тобто не виконується умова (2.11). У зв'язку із цим відношення C_s/C_v було осереднене та прийняте рівним 2.3.

Усі річки лівобережжя характеризуються високими коефіцієнтами автокореляції (від 0,5 до 0,8), тобто тісним зв'язком між стоком попередніх та наступних років, що може бути пов'язане як із впливом карсту, так із зарегульованістю стоку штучними водоймами [7]. Лівобережні притоки характеризуються обома чинниками [1].

Порівняння середніх багаторічних значень річного стоку до та після початку значущих змін температур повітря показало, що у верхній частині лівобережних приток Дністра стік зростає, а починаючи з Свіж –Букачівці – переважно зменшується (табл.2.1).

2.3 Установлення циклічності коливань стоку на основі згладжування хронологічних рядів стоку

Установлено, що коливання річного стоку характеризуються циклічністю. Циклічність являє собою послідовну зміну нмзки років підвищеної та зниженої водності. До років підвищеної водності відносяться ті, у які стік перевищував середню багаторічну величину річного стоку. Роками зниженої водності є роки, у які річний стік був менше середньої багаторічної величини.

Таблиця 2.1 – Порівняння середніх багаторічних значень річного стоку за два періоди 1955-1988 та 1990-2021 для лівобережних приток Дністра

Річка – пост	$Q_{сеп1},$ м ³ /с 1955- 1988рр.	$Q_{сеп2},$ м ³ /с 1990- 2021рр.	$\delta = \frac{Q_{сеп1} - Q_{сеп2}}{Q_{сеп1}} \cdot 100\%$
45 Стрв'яж-Луки	8,42	11,16	+32,57
46 Верещиця-Комарне	4,02	5,84	+45,31
49 Щерек-Щирець	1,62	2,37	+45,9
71 Свіж-Букачевці	2,49	2,34	-5,90
80 Гнила Липа-Більшівці	4,51	4,13	-8,43
86 Золота Липа-Бережани	4,27	3,76	-11,83
87 Золота Липа-Задарів	7,07	7,88	+11,44
89 Коропець-Підгайці	1,12	1,02	-9,16
91 Стрипа-Каплинці	1,88	1,13	-39,89
96 Серет-Чортків	13,13	12,23	-6,82
98 Нічлава-Стрілківці	1,70	1,92	+13,16
103 Жванчик-Кугаєвці	0,75	0,65	-13,43
104 Жванчик-Ластівці	1,75	1,79	+2,02
105 Смотрич-Купин	3,43	2,40	-30,04
106 Смотрич-Цибулівка	5,28	5,39	+2,18
107 Мукша – Мала Слободка	0,80	1,06	+31,38
109 Ушиця-Зиньків	2,27	1,84	-18,70
111 Калюс – Нова Ушиця	0,77	0,78	+0,88
120 Марківка-Підлісівка	1,44	1,22	-15,56

Угрупування років підвищеної водності складає багатоводний період коливань водності або додатну фазу, угрупування років зниженої водності – маловодний період або від’ємну фазу. Тривалість фаз коливань водності не є постійною, через що циклічність називають “несуворою періодичністю” [15].

Для виявлення циклічності використовують методи згладжування рядів та метод різницевих інтегральних кривих. Згладжування за ковзними середніми виконується таким чином. Кожному елементу, який входить до інтервалу T , надається своя вага, що залежить від відстані між розглядуваним та центральним елементами. Припустимо, що для кожного інтервалу згладжування підбирається поліном $\tilde{q}_i = a + bi + ci^2 + mi^3, \dots$, де i - порядковий номер у межах інтервалу згладжування. Припустимо, що для згладжування використовується парабола другого степеню $\tilde{q}_i = a + bi + ci^2$. Центральна ордината цієї параболи береться за згладжене значення. Якщо відлік часу у межах інтервалу згладжування відбувається від його середини, тобто $i = \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots$, то згладжене значення дорівнює параметру a підібраної параболи [4]. Цикли водності методом згладжування установлювалися за допомогою програми EXCEL, період згладжування становив 11 років, що відповідає періоду сонячної активності.

Маловодна фаза на більшості приток спостерігається від початку спостережень до кінця 60-х років минулого сторіччя та початку 70-х років минулого сторіччя. Багатоводна фаза починається з кінця 60-70х років та закінчується у 1990-1991 рр. Подальша маловодна фаза тривала з 1990 по 2001 рр. Наступна багатоводна фаза триває до 2016-2018 рр. (рис.2.1). Особливістю коливань річного стоку лівобережних приток Дністра є той факт, що перехід у маловодну фазу на початку XXI сторіччя не однаковий на різних річках. Наприклад, для верхньої течії Дністра перехід у маловодну фазу не відбувся (рис.2.2).

Оскільки підчас згладжування порушуються межі циклів, більш точне виявлення циклічності може бути досягнене на основі використання різницевих інтегральних кривих.

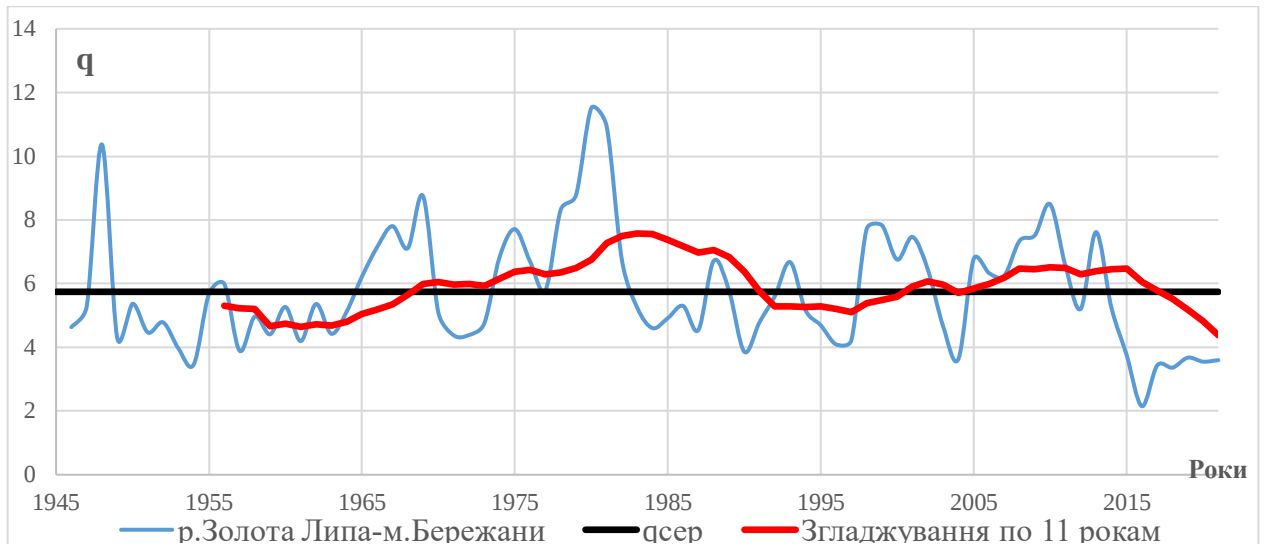


Рисунок. 2.1 – Хронологічна крива коливання модулів річного стоку на посту р.Золота Липа – м.Бережани згладжена по 11 роках та лінія середнього значення витрати



Рисунок. 2.2 – Хронологічна крива коливання модулів річного стоку на посту р.Щерек – м. Щирець згладжена по 11 роках та лінія середнього значення витрати

2.4 Установлення циклічності коливань стоку на основі різницевої інтегральних кривих

Найчастіше в практиці гідрологічних розрахунків для виділення фаз і циклів водності використовуються різницеві інтегральні криві, ординати яких являють собою послідовне накопичення відхилень величин стоку від середнього значення.

Порівняння кривих легше виконувати при їх представленні у вигляді безрозмірних, тобто модульних, коефіцієнтів стоку $\left(k_i = \frac{q_i}{\bar{q}} = \frac{Q_i}{\bar{Q}} = \frac{W_i}{\bar{W}} = \frac{Y_i}{\bar{Y}} \right)$. Середнє багаторічне значення модульного коефіцієнта завжди дорівнює одиниці, отже, поточні ординати різницевої інтегральної кривої на кінець t -го року від початку побудування кривої визначають за рівнянням

$$\sum_{i=1}^t (k_i - 1) = f(t), \quad (2.16)$$

де k_i - модульний коефіцієнт.

Різницева інтегральна крива стоку, як і будь-яка інтегральна крива, має таку властивість. Відхилення середнього значення величини (модульного коефіцієнта) за будь-який інтервал часу m від його середнього значення за багаторічний період спостережень дорівнює одиниці, характеризується тангенсом кута нахилу лінії, яка поєднує точки початку та кінця інтервалу, до горизонтальної прямої і визначається за формулою

$$tg \alpha = (k_i - 1)_{сер} = \frac{l_k - l_n}{m} = \frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1) - \sum_{i=1}^{n-m} (k_i - 1)}{m} = \frac{\sum_{i=1}^m (k_i - 1)}{m}, \quad (2.17)$$

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

m – число років у періоді часу (рис 2.3).

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

У роботі Мудрої К.В. [17] зазначається, якщо розглянути всі побудовані графіки суміщених різницевих інтегральних кривих разом, то можна зауважити, що лівобережні притоки зберігають синхронність і синфазність у коливаннях стоку води із правобережними притоками та з самим Дністром у ключових переломних точках на різницевих кривих. “Проте, не беручи до уваги ці співпадіння, чітко видно, що на лівобережних притоках є відхилення в тенденціях багаторічних коливань стоку. Ці обставини пояснюються зарегулюванням стоку штучними водоймами, а також зростанням температур повітря та зменшенням кількості опадів.

У роботі [13] за коливанням різницевих інтегральних кривих для лівобережних приток Дністра виділено 4 райони, серед яких найбільше виділяється верхня течія лівобережного Дністра (рис.2.3), де у 1995 році розпочалася багатоводна фаза, що не закінчилась і донині. У той же час річки Нижнього Подільського району характеризуються переходом у маловодну фазу вже на початку 80-х років минулого сторіччя, що характерно для рівнинних річок Півдня України (рис.2.4).

На рис.2.5 і рис.2.6 показані різницево-інтегральні криві Верхнього та Середнього Поділля, з яких видно, що перехід у маловодну фазу відбувся у 2013-2014 рр. Таким чином, можна зробити висновок, що у рядах річного стоку суттєвих змін середнього багаторічного стоку не встановлено через те, що перехід у маловодну фазу відбувся на більшості лівобережних приток лише після 2010 року. Отже, на період 1990-2021 припадає, головним чином, багатоводна фаза.

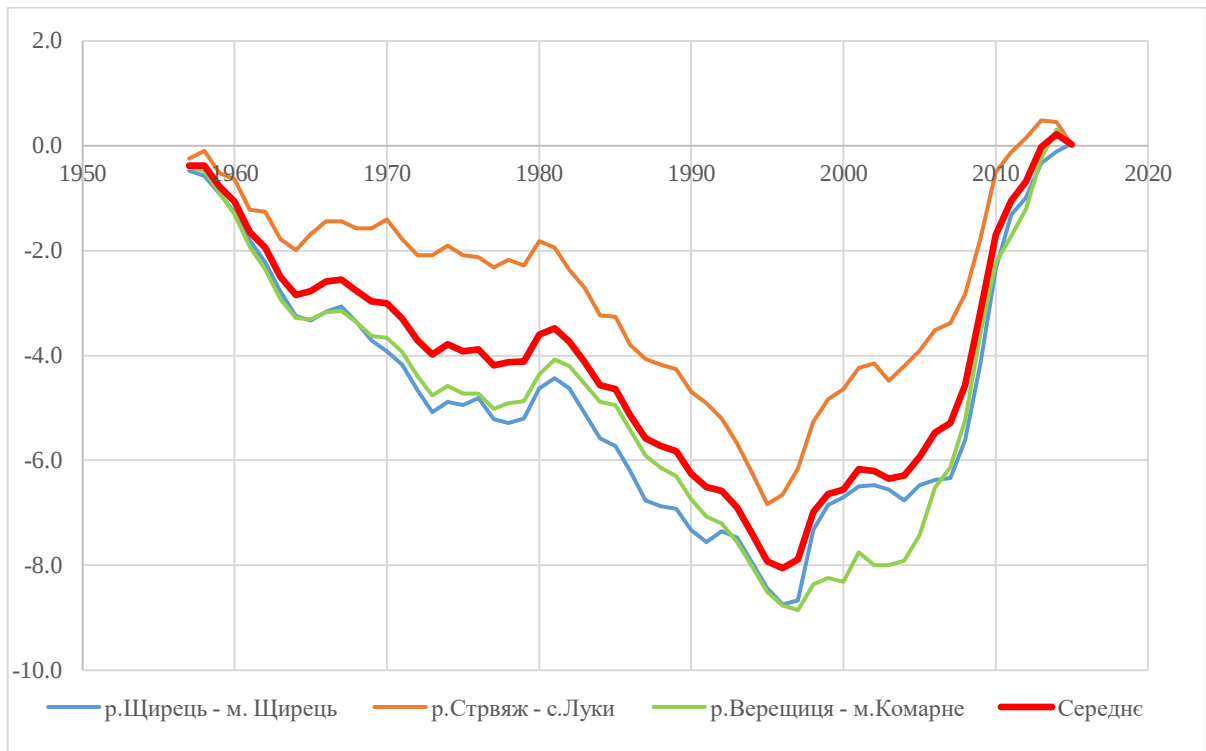


Рисунок 2.3 – Різницево-інтегральні криві річного стоку лівобережних приток у верхній течії Дністра [13]

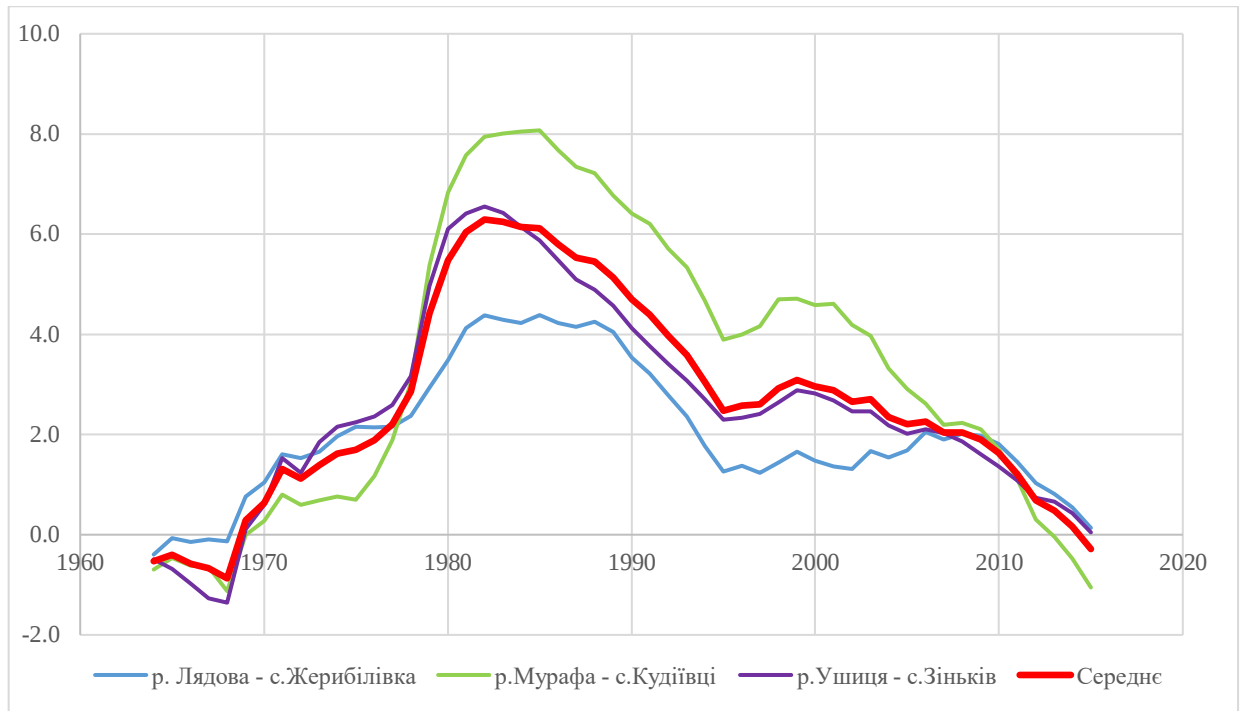


Рисунок 2.4 – Різницево-інтегральні криві річного стоку для лівобережних приток середньої течії Дністра від Ушиці до Ягорлика (Нижній Подільський район, група 7) [13]

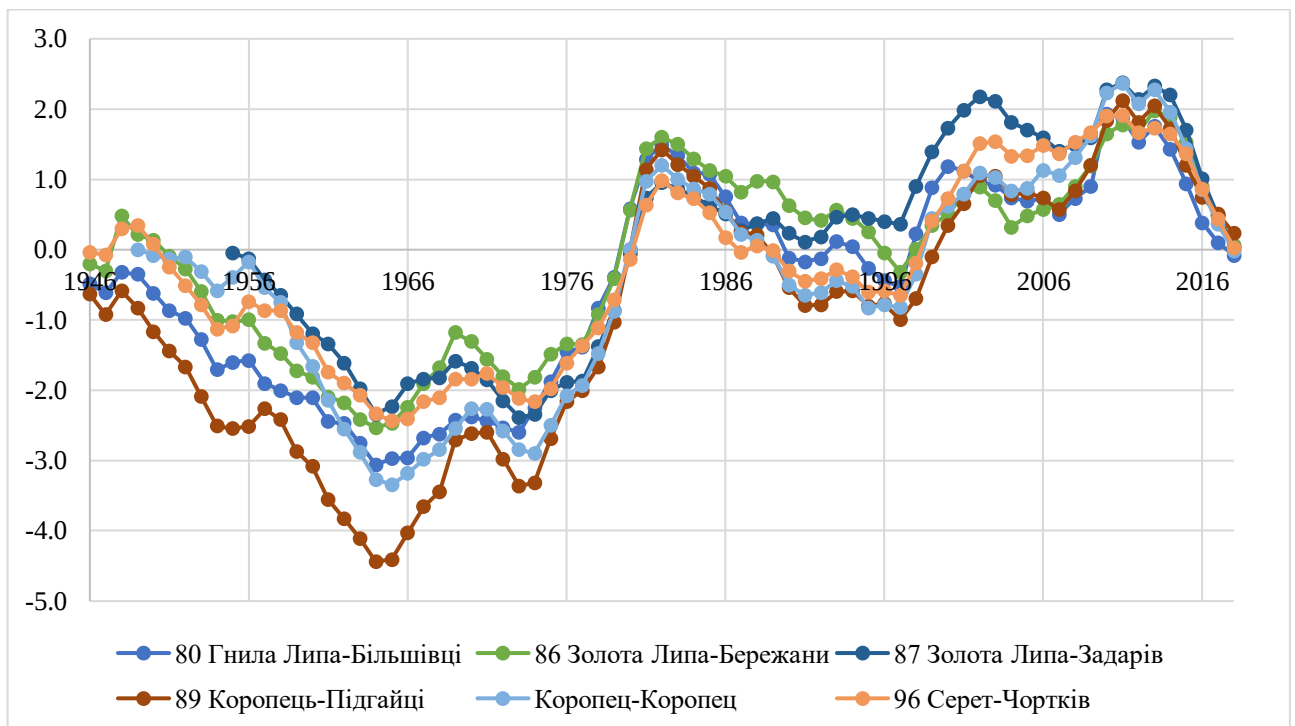


Рисунок 2.5 – Різницево-інтегральні криві річного стоку лівобережних приток Поділля (змішана лісова зона)

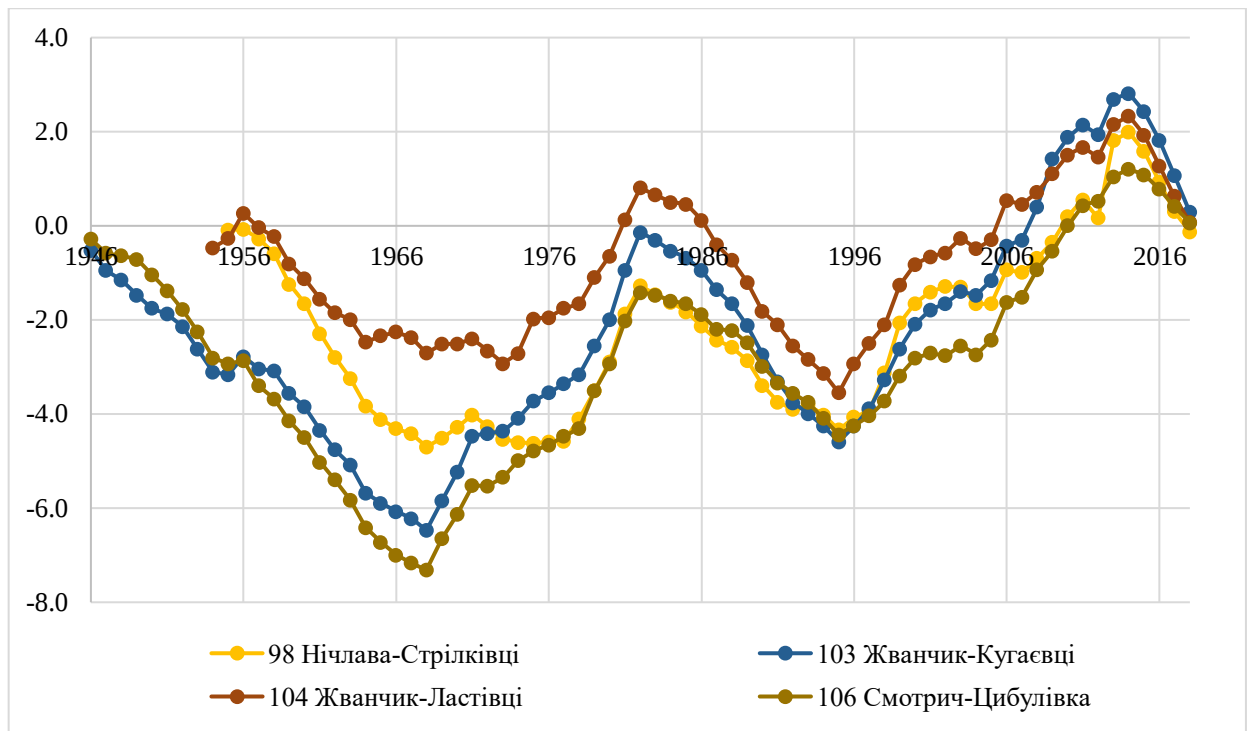


Рисунок 2.6 - Різницево-інтегральні криві річного стоку для приток лісостепової зони

2.5 Вияв трендів у коливаннях річного стоку на основі рівнянь лінійної парної регресії

Тренд є тривалою тенденцією зміни досліджуваної характеристики у часі. Виявлення тренду у часових рядах досліджуваних характеристик може виконуватися за різними методами математичної статистики, серед яких значне місце посідає регресійний аналіз. Для вирішення цього завдання розглядається лінійна парна регресія, яка являє рівняння умовного математичного сподівання системи залежних величин (X, Y) . Для випадку, коли розглядається залежність випадкової величини Y від X умовне математичне сподівання $m_{y/x}$ записується у виді [10]

$$m_{y/x} = m_y + r_{xy} \frac{\sigma_y}{\sigma_x} (x - m_x), \quad (2.18)$$

де σ_x, σ_y – середні квадратичні відхилення випадкових величин X та Y ;

r_{xy} – коефіцієнт кореляції між випадковими величинами X та Y ;

m_y, m_x – безумовні математичні сподівання випадкової величини X та випадкової величини Y .

Для вибірових даних рівняння умовного математичного сподівання (3.1) представляється у вигляді

$$\tilde{y}_i = \tilde{y}(x_i) = \hat{m}_{y/x} = ax_i + b, \quad (2.19)$$

де x_i – дискретні значення випадкової величини X ;

y – дискретні значення випадкової величини Y ;

$\tilde{y}_i$ – значення випадкової величини Y , розраховані за рівнянням регресії (2.19);

a, b – шукані параметри рівняння. функція регресії $\tilde{y}(x)$ є функція, яка мінімізує середню квадратичну похибку передбачення випадкової величини Y на основі значень X .

Оцінки параметрів, які входять до рівняння регресії, обчислюються за методом найменших квадратів. Це метод обробки емпіричного числового матеріалу, вимога якого полягає в тому, щоб сума квадратів відхилень даних спостережень y_i від лінії регресії була найменшою, тобто

$$\Delta = \sum_{i=1}^n [y_i - \tilde{y}(x_i)]^2 = \min, \quad (2.20)$$

де y_i – спостережені значення випадкової величини Y ;

$\tilde{y}(x_i)$ – значення випадкової величини Y , розраховані по рівняннях регресії для заданих x_i ;

n – число спільно спостережених значень y_i і x_i .

Результатом розрахунків є такі формули для визначення параметрів a та b

$$a = r_{x,y} \frac{\sigma_y}{\sigma_x}. \quad (2.21)$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x}, \quad (2.22)$$

де σ_x, σ_y – середні квадратичні відхилення випадкових величин X та Y ;

r_{xy} – коефіцієнт кореляції;

$\bar{x}, \bar{y}$ – середні арифметичні значення випадкових величини X та Y .

Оцінка коефіцієнта кореляції, який відображає тісноту лінійного зв'язку між рядами спостережень, що представляють собою спостережені сукупності випадкових величин Y та X , записується у вигляді

$$r_{xy} = r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 (y_i - \bar{y})^2}}, \quad (2.23)$$

або

$$r_{x,y} = r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sigma_x \sigma_y (n-1)}. \quad (2.24)$$

Щоб переконатись у вірогідності побудованої регресійної моделі необхідно перевірити гіпотези про статистичну значущість коефіцієнта кореляції і коефіцієнтів рівняння регресії.

Нульова гіпотеза полягає у тому, що коефіцієнти рівняння регресії та коефіцієнт кореляції визнаються статистично незначущими. Розподіл вибірових оцінок a і b та r приймається нормальним. Тоді у відповідності до

теорем математичної статистики для перевірки нульової гіпотези про α і b можна використовувати статистику t , яка підкоряється розподілу Стюдента

$$\hat{t} = \frac{|r_{xy}|}{S_r}; \quad \hat{t}_a = \frac{|a|}{S_a} \quad \text{і} \quad \hat{t}_b = \frac{|b|}{S_b}, \quad (2.25)$$

Якщо $\hat{t} > t_{kp}(v, q)$, то коефіцієнти регресії та коефіцієнт кореляції вважаються значущими.

Середні квадратичні похибки визначення статистичних параметрів визначаються за такими формулами

$$S_a = \frac{S_y}{S_x} \sqrt{\frac{1 - r_{x,y}^2}{n}}, \quad (2.26)$$

$$S_b = \sqrt{S_x^2 + (\bar{x})^2} \frac{S_y}{S_x} \sqrt{\frac{1 - r_{x,y}^2}{n}}, \quad (2.27)$$

$$\sigma_r = S_r = \frac{1 - \hat{r}_{x,y}^2}{\sqrt{n-1}}, \quad (2.28)$$

При спрощеному підході, рівняння лінійної парної регресії приймаються статистично значущими, якщо коефіцієнт кореляції r , який оцінює тісноту лінійного зв'язку, приймає значення більше подвоєної похибки свого визначення, тобто:

$$r \geq 2\sigma_r, \quad (2.29)$$

де r – коефіцієнт кореляції;

σ_r – середнє квадратичне відхилення вибіркового коефіцієнту кореляції.

$$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-1}}, \quad (2.30)$$

де n – довжина ряду.

На основі застосування методу регресійного аналізу виявлено існування позитивних трендів на річках Стрвяж, Щерек, Верещиця та існування від'ємних тенденцій та трендів на річках Поділля (табл.2.2), (рис.2.7, рис.2.8).

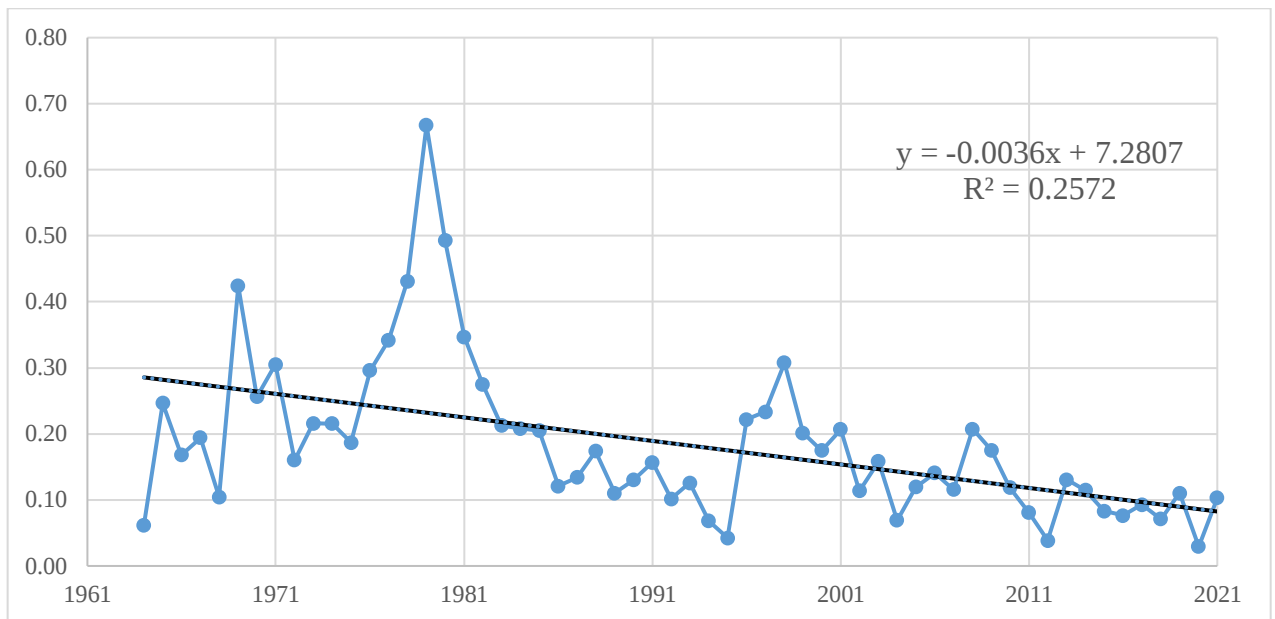


Рисунок 2.7 – Від'ємний тренд у коливаннях річного стоку в створі Мурафа - Кудіївці

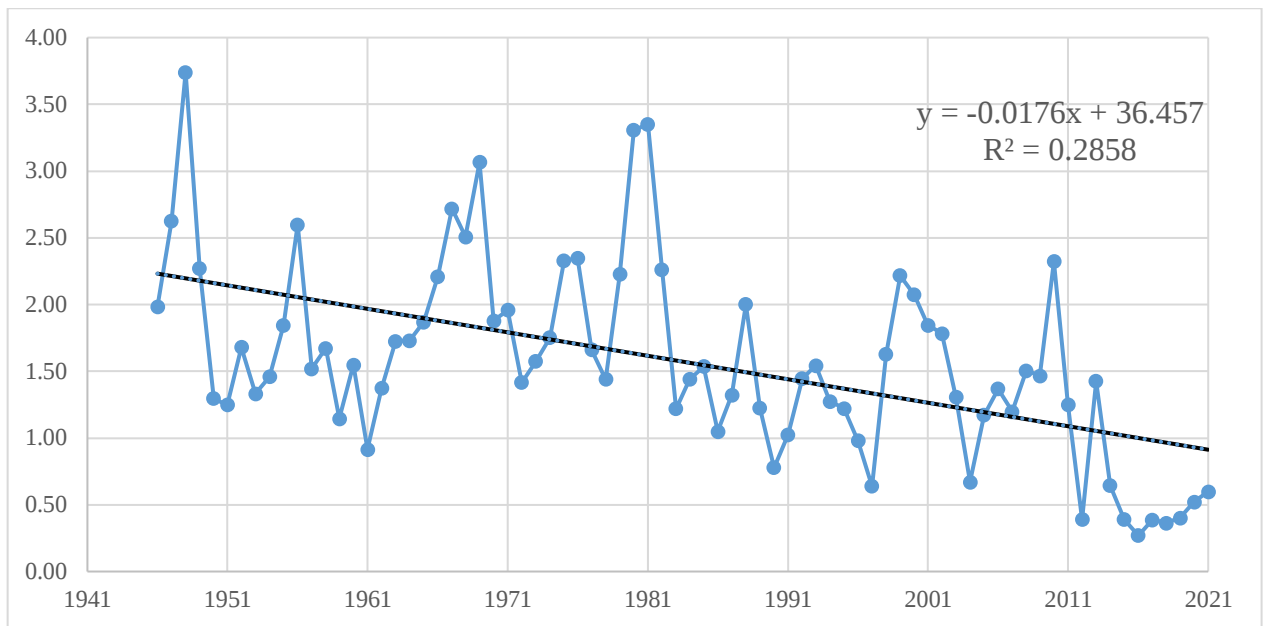


Рисунок 2.8 – Від’ємний тренд у коливаннях річного стоку в створі Стрипа - Каплинці

Таблиця 2.2. – Рівняння регресії для хронологічного ходу річних витрат стоку

Річка-пост	Вид рівняння тренду	Коефіцієнт кореляції r	Висновок про значущість тренду
р. Стрв’яж –с. Луки	$y = 0,0768x - 143,04$	0,38	Значущий
р. Щерек – м. Щирек	$y = 0,0572x - 108,94$	0,46	Значущий
р. Верешиця – с.Комарно	$y = 0,0169x - 31,641$	0,35	Значущий
р. Гнила Липа – м. Більшівці	$y = 0,0024x - 0,476$	0,04	Незначущий
р. Золота Липа – м. Бережани	$y = -0,0033x + 10,468$	-0,06	Незначущий
р. Золота Липа – м. Задарів	$y = -0,0181x + 44,234$	-0,09	Значущий
р. Коропець – с. Підгайці	$y = 0,0013x - 1,547$	-0,07	Незначущий
р. Стрипа – с. Каплинці	$y = -0,0176x + 36,457$	-0,53	Значущий
р. Стрипа – с. Бучач	$y = -0,0528x + 111,811$	-0,36	Значущий
р. Серет – с. Велика Березовиця	$y = -0,0369x + 78,532$	-0,40	Значущий

р. Серет – м. Чортків	$y = -0,0112x + 34,845$	-0,07	Незначущий
р. Нічлава – с. Стрілківці	$y = 0,007x - 12,112$	0,16	Незначущий
р. Збруч – с. Волочиськ	$y = -0,0168x + 36,246$	-0,27	Значущий
р. Збруч – с. Завалля	$y = -0,0064x + 25,814$	-0,02	Незначущий
р. Жванчик – с. Кугаєвці	$y = 0,0005x - 0,384$	0,03	Незначущий
р. Жванчик – с. Ластівці	$y = 0,0004x + 1,070$	0,01	Незначущий
р. Смотрич – с. Купин	$y = -0,0108x + 24,334$	-0,19	Незначущий
р. Смотрич – с. Цибулівка	$y = 0,0235x - 41,498$	0,27	Значущий
р. Мукша – с. Мала Слобідка	$y = 0,0083x - 15,585$	0,44	Значущий
р. Ушиця – с. Зиньків	$y = -0,0051x + 12,08$	-0,14	Незначущий
р. Ушиця – с. Тимків	$y = 0,0385x - 72,618$	0,53	Значущий
р. Калюс – с. Ушиця	$y = -0,0006x + 2,010$	-0,06	Незначущий
р. Мурафа – с. Кудіївці	$y = -0,0036x + 7,280$	-0,51	Значущий
р. Марківка – с. Підлісівка	$y = -0,0019x + 5,052$	-0,13	Незначущий

3 ЗМІНИ КЛІМАТИЧНИХ ЧИННИКІВ ФОРМУВАННЯ РІЧНОГО СТОКУ ТА ВОДНИХ РЕСУРСІВ ЛІВОБЕРЕЖНОГО ДНІСТРА

3.1. Огляд літературних джерел щодо зміни стоку верхнього Дністра на початку ХХІ сторіччя

Водозбір Дністра знаходиться у Північній Атлантико-континентальній кліматичній та Південній Атлантико-кліматичній областях [8].

У північній кліматичній області розташовані такі природні зони як Українські Карпати, зона широколистяних лісів та лісостепова зона (західний кліматичний район). У Південній кліматичній області знаходиться степова природна зона. Межа між цими кліматичними областями відповідає межі між лісостеповою та степовою природними зонами. Українські Карпати є областю формування стоку річки Дністер. Тут розташовані Центрально Карпатська область високої водності та Дністровсько-Прутська область підвищеної водності. Значна частина стоку річки Дністер формується також у природній зоні широколистяних лісів (Волинська під область гідрологічної зони достатньої водності). Нижче за течією (нижче створу р. Дністер-с. Заліщики) внесок правобережних та лівобережних приток у загальну водність річки зменшується, відбувається перехід від зони достатньої водності (середня течія Дністра) до зони недостатньої водності (нижня течія Дністра). За рахунок глобального потепління наприкінці ХХ та на початку ХХІ сторіччя відбувається зміна температурного режиму повітря в басейні річки Дністер, яка може призвести до зміни меж зон водності. Особливістю формування стоку в басейні Дністра є зміна основних складових живлення річки по природних зонах. У верхній частині річки переважає внесок дощового та снігового живлення. У середній частині водозбору поряд із сніговим живленням значну роль у формуванні стоку відіграють підземні води, особливо ті, що знаходяться у карстових утвореннях. У нижній частині водозбору основна роль у формуванні стоку належить весняному водопіллю.

Водно-тепловий баланс річкових басейнів показав що водні ресурси річки Дністер є чутливими до кліматичних змін [11]. Підвищення температури повітря та зміна характеру випадання опадів впливають не тільки на гідрологічний режим річок, а й на загальні запаси водних ресурсів. Кліматичні зміни збільшують частоту повеней та посух, що робить вразливим сільське господарство, енергетику, транспорт та соціальну сферу, адже вони залежать від водних ресурсів. В умовах зміни клімату виникає потреба в зменшенні потенційно можливих ризиків та збитків, а також у створенні стратегії адаптивних заходів в управлінні водними ресурсами.

Водозбір річки має значну протяжність з північного заходу на південний схід України і проходить через декілька географічних зон. Різниця в умовах формування стоку особливо яскраво проявляється на водозборах гірської та рівнинної частин водозбору річки. Середня багаторічна зміна витрат паводків/повеней за кожне десятиріччя в Українських Карпатах дорівнює 0-5%, а на території Північно-Західного Причорномор'я (нижня течія Дністра) досягає “мінус” 12 %. [26].

У роботі [27] на прикладі порівнянь водозборів Прут та Тиса звертається увага на велику роль висоти, відносної площі, зайнятої значними висотами, форми водозборів та розташування схилів відносно навітряної та підвітряної сторони.

Рівнинні притоки у більшій мірі залежать від процесу потепління, оскільки їх стік формується, головним чином, у період весняного водопілля [5]. Перехід температур повітря зимового сезону з області від'ємних значень у позитивну область призводить до зменшення запасів води у сніговому покриві перед початком водопілля та до зростання втрат на інфільтрацію талих вод у недостатньо промерзлий ґрунт [30]. Це в свою чергу викликає зменшення максимальних витрат та шару стоку за період весняного водопілля [18].

Характерною особливістю природного водного режиму річок Волино—Подільської частини басейну (в межах Подільського гідрологічного району) є формування вираженого весняного водопілля, під час якого проходить від 50 до

80 % річного стоку, та період межені, яка може перериватися невисокими і нечастими дощовими (тало-дощовими) паводками. Літні дощі, як правило, не викликають інтенсивних паводків у період літньо-осінньої межені.

Внутрішньорічний розподіл стоку характеризується рівномірністю для літнього, осіннього та зимового сезонів (близько 20 % від річного). У середньому на весняний сезон припадає 38 % для Бузько-Дністровської ландшафтно-гідрологічної провінції та до 42 % для Дністровсько-Дніпровської [6]. У напрямку із північного заходу до південного сходу внесок сезону «весна» у сумарний стік зростає, а частка підземного стоку зменшується. Саме весняний сезон найбільше підлягає впливу змін клімату через зростання температур повітря холодного періоду [29]. Вплив потепління у зимовий сезон на накопичення запасів води у сніговому покриві і формування максимумів весняного водопілля буде суттєвим лише за умови переходу середньомісячної температури повітря у область додатних значень через нуль градусів Цельсія. Якщо ж підвищення температур буде знаходитися у області її від'ємних значень, то наслідки потепління можуть не бути статистично значущими.

У роботі [16] відзначається, що на лівобережних притоках від'ємний тренд розпочався ще з 1998 року.

У роботі авторів [18] показано, що на гірських водозборах (Карпатський район) у період потепління зростає роль дощових паводків, кількість та інтенсивність яких збільшується, а внесок талого стоку зменшується.

Таким чином, можна відзначити, що на багатьох річках України змішаного живлення за рахунок потепління відбуваються зміни у генетичному походженні річного стоку, що може вплинути на характер багаторічних коливань стоку. Зменшення весняного стоку рівнинних річок під час зростання температур повітря зимового сезону також здатне вплинути на характер коливань річного стоку.

У роботі [13] надане районування за синхронністю коливань стоку (рис.3.1) та визначено роль талого і дощового стоку для кожного з районів. На

територія лівобережжя Дністра виділено чотири райони: Верхній Лівобережний, Верхній Подільський, Середній Подільський та Нижній Подільський.

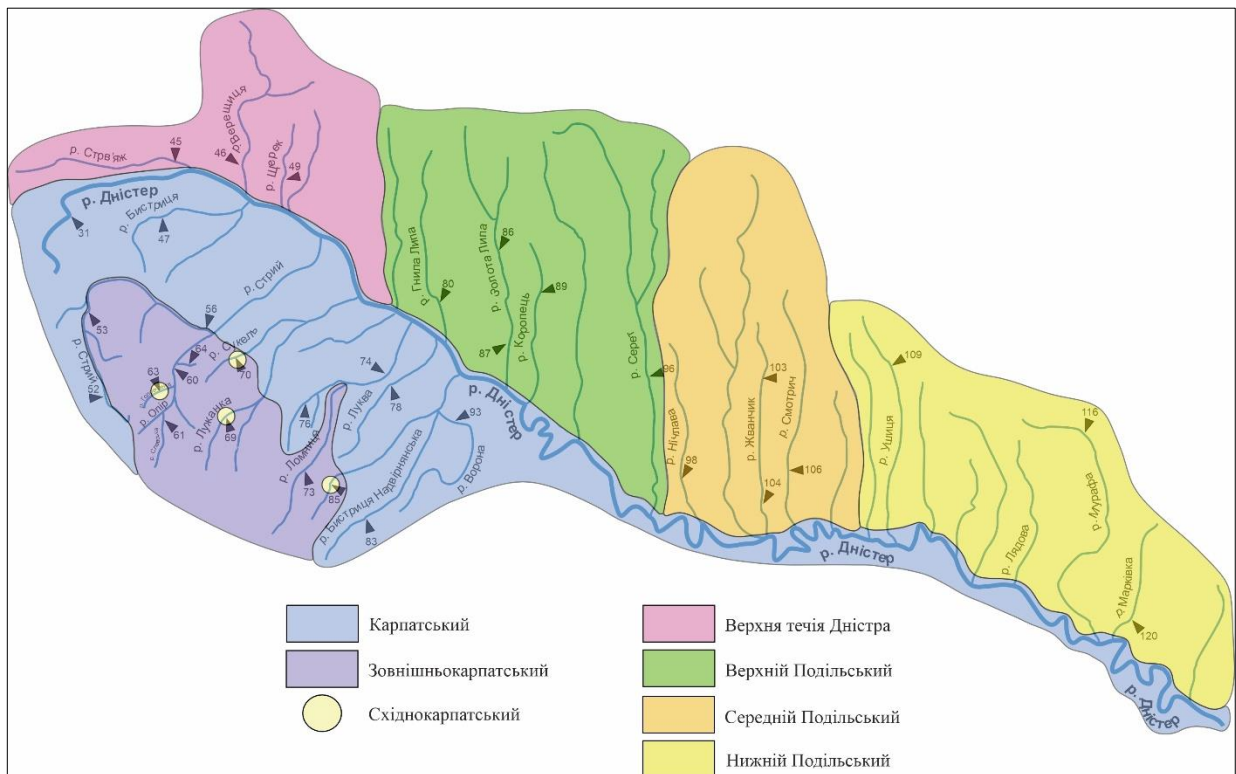


Рисунок 3.1 – Карта-схема районів із синхронними коливаннями річного стоку

3.2. Зміни температур повітря на початку XXI сторіччя

Зміни внутрішньорічного розподілу температур повітря досліджувалися наступним чином. Розглядався внутрішньорічний розподіл за весь період спостережень 1946-2021 рр., період до початку значущих змін клімату 1946-1988 рр. та період після початку значущих змін 1989-2021 рр. Установлено, що від'ємні температури повітря на лівобережжі спостерігаються у грудні, січні, лютому у всі періоди спостережень (рис.3.2, рис.3.3). У грудні місяці середні місячні температури піднялися на за період потепління (після 1989 року) на 0,3-0,5 градусів Цельсія (табл.3.1), у січні на 2 градуси Цельсія, у лютому – на 2,3-2,5 градуси, у березні – на 2,0 -2,6 градуси (в області позитивних значень). Під час переходу до метеостанцій, розташованих південніше зміни дещо збільшуються.

Таблиця 3.1 - Зміни середніх місячних температур повітря у зимовий сезон за різні розрахункові періоди

Метеостанція		Мостиська			
Місяць		1	2	3	12
Температура, °C	період до 1989 р.	-3,9	-2,7	1,5	-1,1
	період після 1989 р.	-1,9	-0,5	3,5	-0,6
Метеостанція		Затишшя			
Місяць		1	2	3	12
Температура, °C	період до 1989 р.	-4,3	-3,3	1,2	-1,1
	період після 1989 р.	-2,3	-0,9	3,8	-0,9

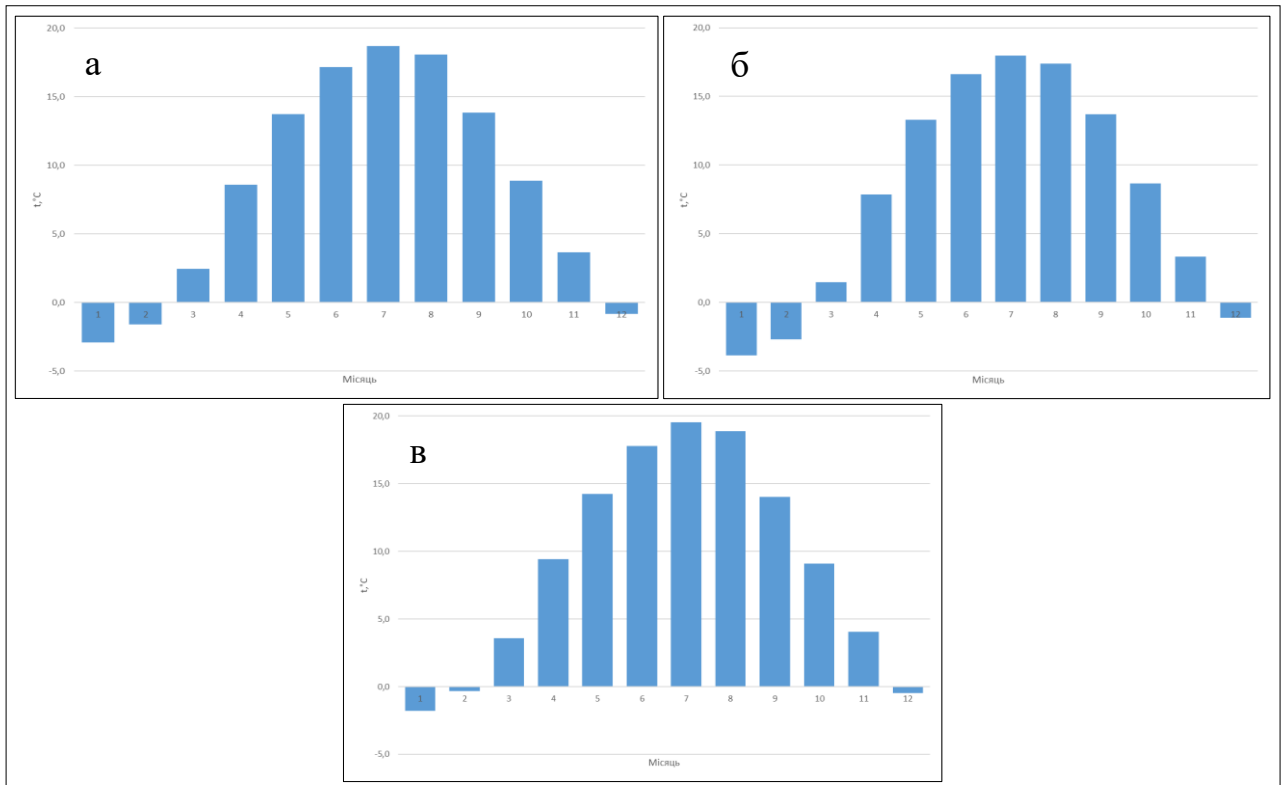


Рисунок 3.2 – Внутрішньорічний розподіл середніх місячних температур повітря по метеостанції Мостиська

а) період 1946-2021 рр.; б) 1946-1988 рр.; в) 1989-2021 рр.

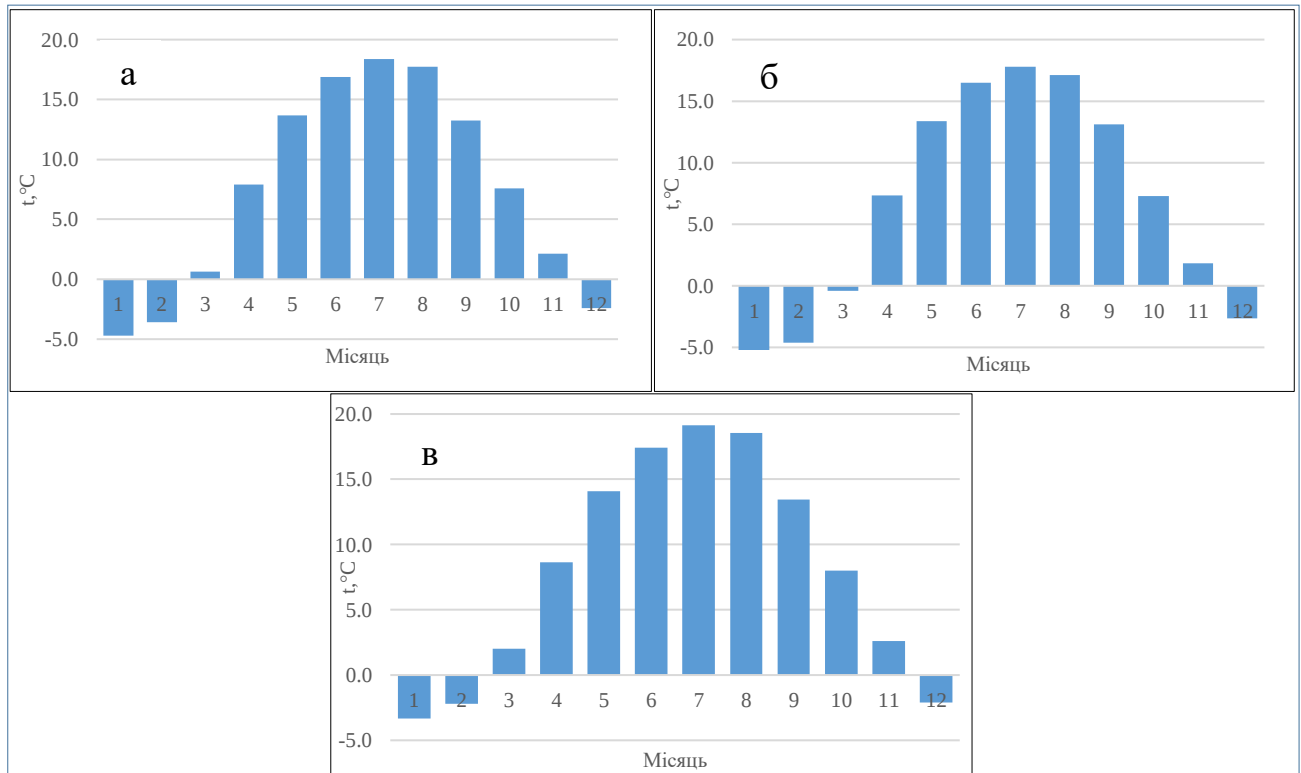


Рисунок 3.2 - Внутрішньорічний розподіл температур по метеостанції Тернопіль

а) період 1946-2021 рр.; б) 1946-1988 рр.; в) 1989-2021 рр.

У коливаннях середніх річних температур повітря за різницевиими інтегральними кривими виділяється перехід до позитивної фази у 1989 році (рис.3.3), що є характерним для рівнинної України. Для періоду до початку значущих змін клімату характерна відсутність тенденцій або трендів, в період після 1989 року на основі співвідношення (2.29) установлюється тренд (табл.3.2, табл.3.3), що проілюстровано на графіку хронологічного ходу температур (рис.3.4).

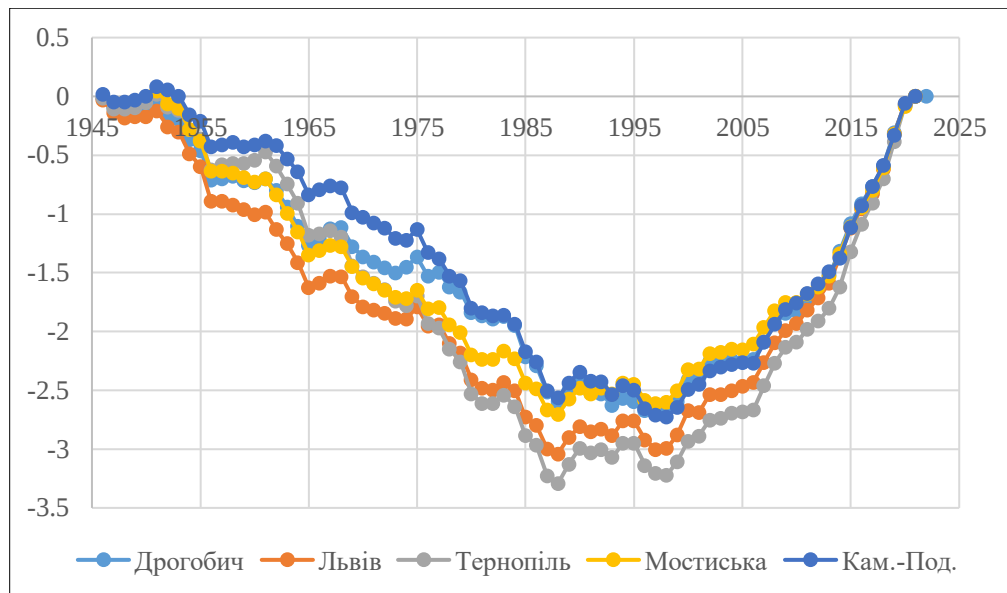


Рисунок 3.3 – Суміщені різницеві інтегральні криві середніх річних температур по метеостанціях лівобережжя Верхнього Дністра

Таблиця 3.2- Результати оцінки статистичної значущості трендів середніх річних температур по метеостанціях за період 1945-1988 рр.

Метеостанція	Вид рівняння регресії	Коефіцієнт кореляції r	Подвійна похибка w	Висновок щодо тренду
Дрогобич	$y = -0,0108x + 28,687$	0,19	0,30	Незначущий
Львів	$y = -0,0041x + 15,097$	0,07	0,31	Незначущий
Мостиська (1951-1988)	$y = 0,0002x + 7,3293$	0,16	0,33	Незначущий

Таблиця 3.3 - Результати оцінки статистичної значущості трендів середніх річних температур по метеостанціях за період 1989 – 2021 рр.

Метеостанція	Вид рівняння регресії	Коефіцієнт кореляції r	Подвійна похибка w	Висновок щодо тренду
Дрогобич	$y = 0,0545x - 100,61$	0,68	0,19	Значущий
Львів	$y = 0,0498x - 91,613$	0,60	0,23	Значущий
Мостиська (1989-2021)	$y = 0,0483x - 87,86$	0,59	0,23	Значущий

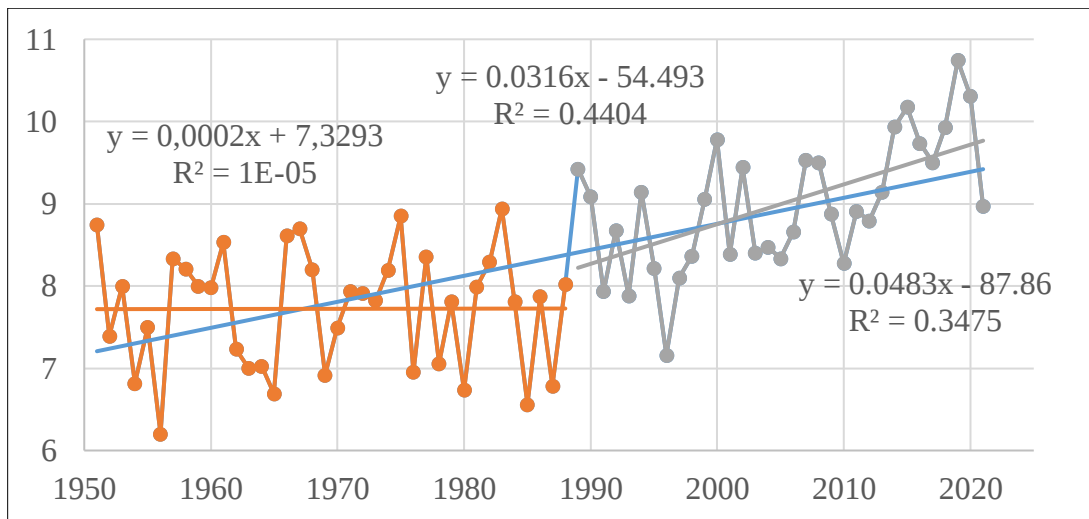


Рисунок 3.4 – Хронологічний хід середніх річних температур по метеостанції Мостиська (тренди та рівняння регресії)

3.3 Зміни річних сум опадів на початку XXI сторіччя

У коливаннях річних сум опадів на основі аналізу різницевої інтегральних кривих виявлені такі цикли водності: 1945-1981 рр., 1982-2014 рр. Після 2010 року відбувається перехід у від'ємну фазу, але переламна точка варіює від 2010 року до 2014 року (рис.3.5).

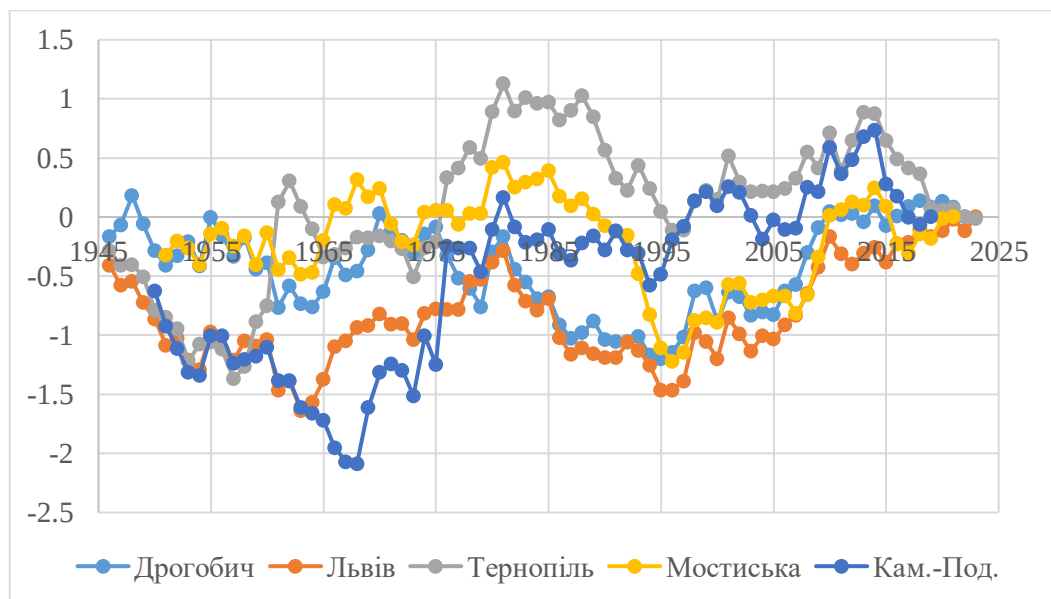


Рисунок 3.5 – Суміщені різницеві інтегральні криві річних сум опадів по лівобережних метеостанціях Верхнього Дністра

У хронологічному ході річних опадів статистично значущих трендів не виявлено (табл.3.4), що показано на рис.3.6.

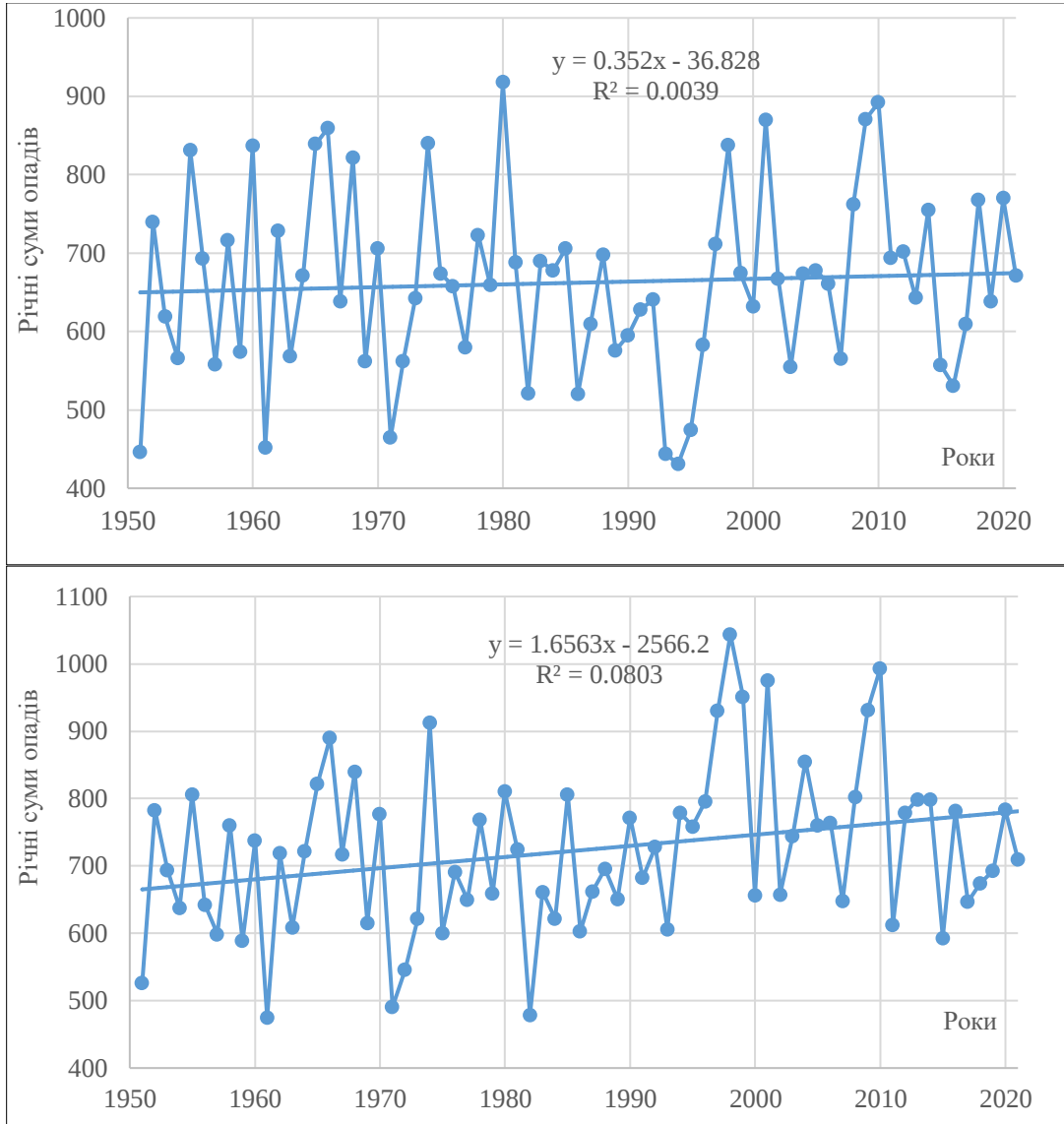


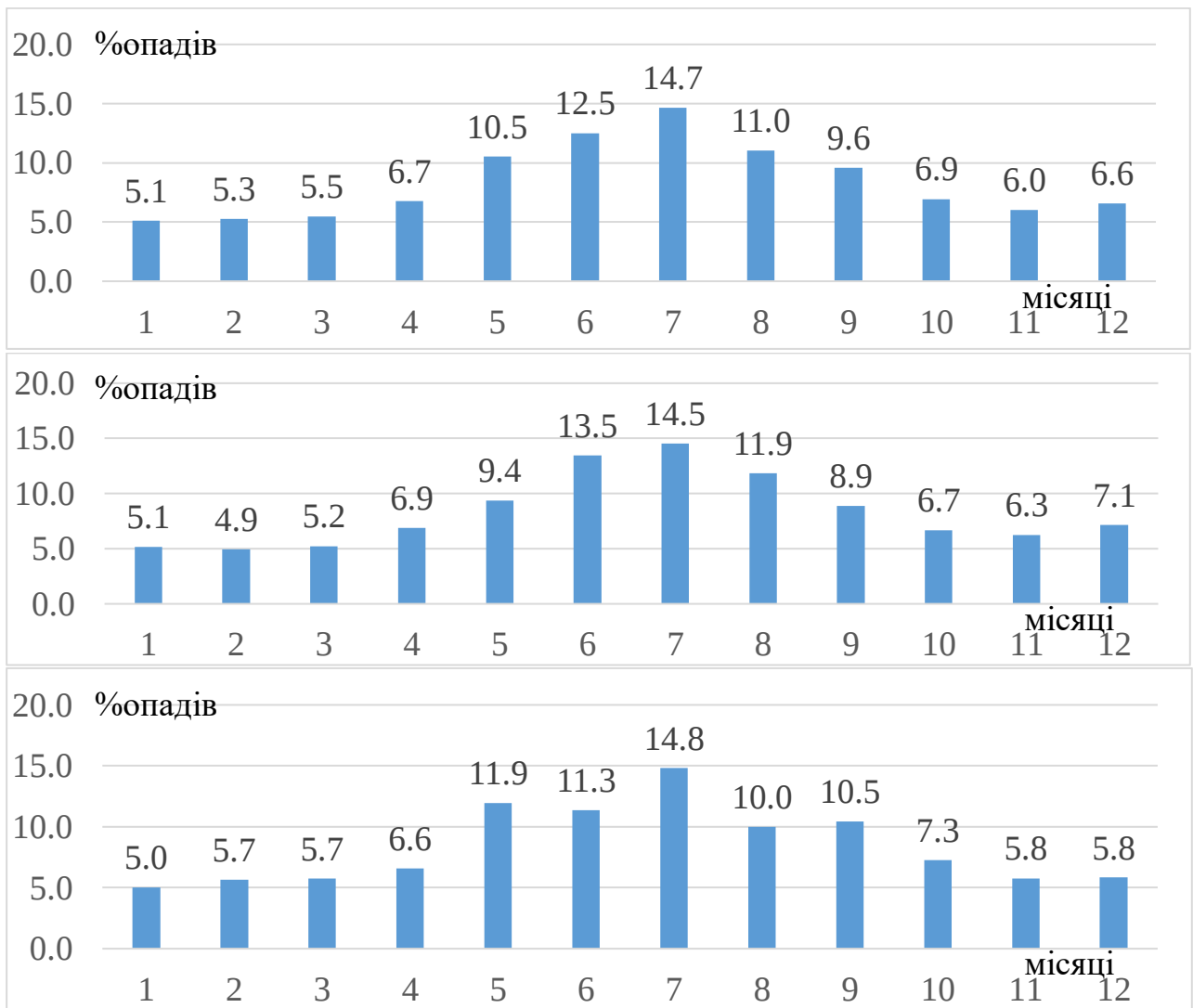
Рисунок 3.6 - Хронологічні графіки річних сум опадів на метеостанціях басейну Верхнього Дністра: а) Мостиська; б) Яворів

У внутрішньорічному розподілі опадів суттєвих змін не виявлено під час порівняння періодів 1945-1988 рр. та 1989-2021 рр. (рис. 3.7). Відзначається зростання опадів на 2% у травні місяці та у вересні на 1,5%.

На метеостанціях Дрогобич та Львів (рис 3.8) перехід річних сум опадів у від’ємну фазу практично не відбувся, що знайшло своє відображення у різницевих інтегральних кривих річного стоку (див. рис. 2.3).

Таблиця 3.4 - Результати оцінки статистичної значущості трендів річних сум опадів по метеостанціях в басейні Верхнього Дністра

Метеостанція	Вид рівняння регресії	Коефіцієнт кореляції r	Подвійна похибка w	Висновок щодо тренду
Дрогобич	$y=0,6384x - 531,52$	0,11	0,22	Незначущий
Львів	$y=1,2062x - 1652,6$	0,22	0,21	Значущий
Мостиська	$y=0,352x - 36,828$	0,06	0,23	Незначущий
Яворів	$y=1,6563x - 2566,2$	0,28	0,22	Значущий
Кам’янка Бузька	$y=0,6206x - 575,47$	0,12	0,23	Незначущий



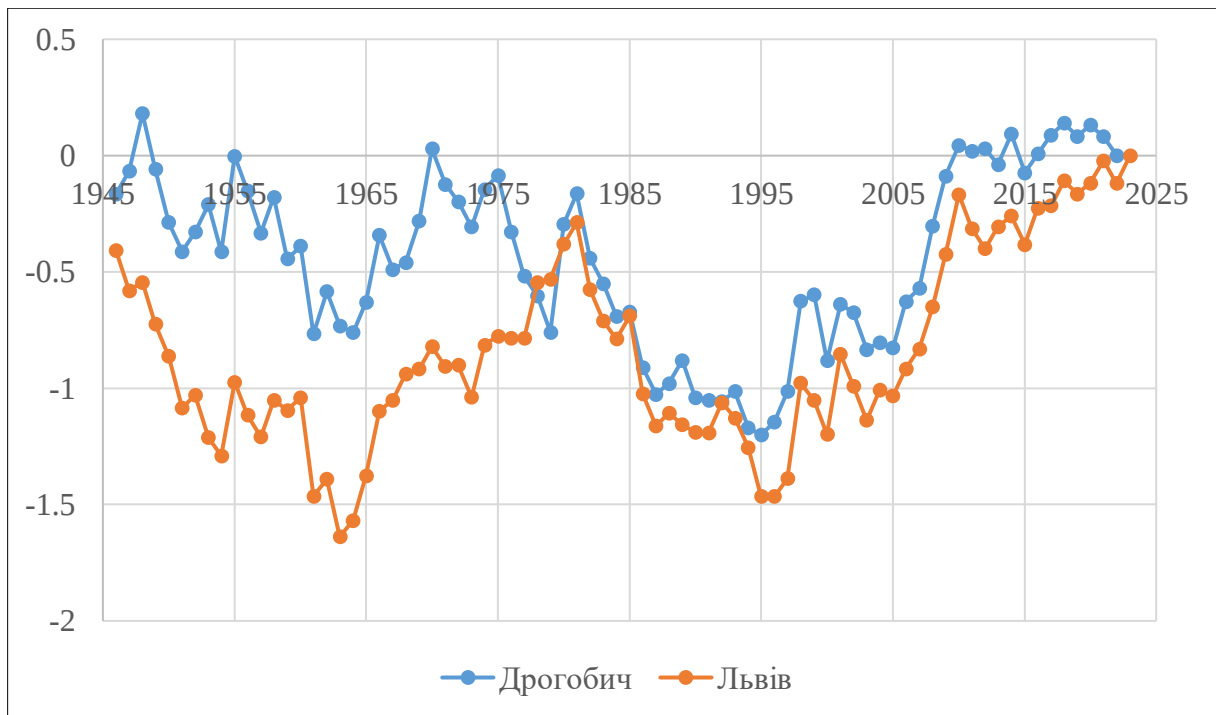


Рисунок 3.8 – Суміщені різницеві інтегральні криві річних сум опадів по метеостанціям Дрогобич та Львів

3.4 Зміни внутрішньорічного розподілу стоку на початку XXI сторіччя

Як було показано у параграфі 2.3 у значеннях річного стоку у період 1990-2021 рр. можливе як збільшення, так і зменшення середнього річного стоку у порівнянні із періодом 1955-2021рр.

У зв'язку із цим були досліджені зміни середніх багаторічних максимумів за два періоди 1955-1988 рр. та 1990-2021рр.

Виявлено, що у верхньому районі лівобережних приток середні багаторічні значення зростають (Стрвяж, Щирець, Верещиця), а у Верхньому, Середньому та Нижньому Поділлі – зменшуються (табл.3.5). Це указує на різний вплив потепління зимового сезону на формування стоку весняного водопілля: у Верхньому лівобережному районі потепління проходить здебільшого у межах відємних температур, а на Поділлі – відбувається перехід у область позитивних температур.

Внутрішньорічний розподіл стоку лівобережних приток Дністра також змінився (табл.3.6). На території Поділля зростає роль грудня у формуванні стоку, що може бути пояснено зростанням числа відлиг. Теж саме спостерігається в січні місяці, за винятком Нижнього Поділля. Найбільші зменшення внеску установлене для березня місяця: для верхньої течії Дністра на 0,7%, для Верхнього Поділля – 4,1%, для Середнього Поділля – на 9,6%, для Нижнього Поділля – на 6,2%.

Таблиця 3.5 – Порівняння середніх багаторічних значень середнього місячного стоку за два періоди 1955-1988 рр. та 1990-2021 рр. для лівобережних приток Дністра

Річка - пост	$H_{\text{сер, м}}$	Максимальні витрати у березні за період 1955-1988рр.	Максимальні витрати у березні за період 1990-2021рр.	$\delta = \frac{Q_{\text{max 1}} - Q_{\text{max 2}}}{Q_{\text{max 1}}} \cdot 100\%$
р. Стрв'яж – с. Луки	400	13,78	19,15	+38,92
р. Верещиця – с. Комарне	310	5,63	5,81	+3,25
р. Щерек-с. Щирець	300	2,66	3,47	+30,48
Середнє по трьох попередніх постах				+24,2
р. Гнила Липа – с. Більшівці	320	7,26	6,11	-15,77
р. Золота Липа-с. Бережани	360	5,83	4,20	-27,91
р. Золота Липа – с. Задарів	360	10,78	9,02	-16,36
р. Коропець-с. Підгайці	380	1,71	1,23	-28,06
р. Стрипа-с. Каплинці	370	3,59	1,88	-47,73
р. Серет-м. Чортків	350	20,59	16,06	-22,00
р. Нічлава-с. Стрілківці	300	2,83	2,65	-6,40
р. Збруч-с. Волочиськ	320	6,31	3,84	-39,12

Кінець таблиці 3.5

р. Жванчик-с. Кугаєвці	320	1,35	0,75	-44,93
р. Жванчик-с. Ластівці	280	3,04	2,46	-18,93
р. Смотрич-с. Купин	310	7,13	3,22	-54,83
р. Смотрич-с. Цибулівка	300	10,09	7,09	-29,77
р. Мукша – с. Мала Слобідка	280	1,47	1,25	-15,08
р. Ушиця - с. Зиньків	300	5,39	2,33	-56,81
р. Калюс - с. Ушиця	280	1,79	0,97	-45,87
р. Марківка – с.Підлісівка	260	2,56	1,41	-45,05
Середнє				$\bar{\delta} = - 23,3 \%$

Таблиця 3.6 – Зміни внутрішньорічного розподілу стоку лівобережних Дністра

р. Щерек-с. Щирець (Верхня течія Дністра)													
Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	За рік, %
1946-2021, %	7,6	9,0	13,3	10,8	6,9	7,7	8,6	7,3	7,5	7,3	6,6	7,5	100
1946-1988, %	6,8	10,0	15,0	11,1	6,5	7,5	8,0	7,0	5,7	7,5	6,9	7,9	100
1989-2021, %	7,8	8,3	12,0	10,4	7,8	7,8	8,4	8,1	8,3	7,0	6,8	7,2	100
р. Серет-м. Чортків (Верхній Подільський район)													
Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	За рік, %
1946-2021, %	6,8	8,1	13,2	12,9	8,2	7,7	7,6	7,1	7,3	7,5	7,0	6,6	100
1946-1988, %	6,3	8,0	14,9	14,0	8,0	7,5	7,5	6,9	6,9	7,0	6,7	6,2	100
1989-2021, %	7,3	8,4	10,8	11,4	8,5	8,1	7,7	7,4	7,8	8,2	7,4	7,0	100

Кінець таблиці 3.6

р. Смотрич-с. Купин (Середній Подільський район)													
Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	За рік, %
1946-2021, %	6,5	8,4	17,0	13,3	7,1	7,9	8,2	6,2	5,8	6,2	6,8	6,5	100
1946-1988, %	5,6	8,3	20,6	14,3	6,7	7,5	8,6	5,7	5,1	5,2	6,2	6,0	100
1989-2021, %	8,0	8,7	11,0	11,5	7,8	8,5	7,5	6,9	7,0	7,8	7,7	7,4	100
р. Марківка-с. Підлісівка (Нижній Подільський район)													
Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	За рік, %
1946-2021, %	9,2	9,6	13,1	9,4	7,4	7,5	7,3	7,1	7,0	7,0	7,4	7,9	100
1946-1988, %	10,0	10,0	15,8	9,7	6,9	7,0	6,7	6,5	6,3	6,5	7,0	7,7	100
1989-2021, %	8,2	9,1	9,6	9,0	8,2	8,2	8,1	7,8	7,9	7,7	8,0	8,2	100

ВИСНОВКИ

1. Отримано, що середні багаторічні значення стоку змінюються з 6,06 на півночі до 2.17 л/с/км² на півдні, Ці оцінки є незміщеними, умотивованими, ефективними, що обумовлено довжиною рядів спостережень більше 50 років.

2. Значення коефіцієнту варіації змінюються від 0,23 до 0,64 (р.Мурафа – Кудіївці). Найбільші значення коефіцієнтів варіації відносяться південної частини лівобережжя.

3. Значення коефіцієнту асиметрії змінюються від близьких до нуля значень до 2 з великою похибкою визначення. У зв'язку із цим відношення C_s/C_v було осереднене та прийняте рівним 2.3.

4. Усі річки лівобережжя характеризуються високими коефіцієнтами автокореляції (від 0,5 до 0,8), що може бути пов'язане як із впливом карсту, так із зарегульованістю стоку штучними водоймами.

5. Виявлено, що за циклічністю коливань стоку є різниця між коливаннями річного стоку різних районів лівобережжя. У Верхньому Подільському районі і Середньому Подільському районі характер коливань наближений до коливань головної річки.

6. Для досліджуваної території установлене зростання середніх місячних температур повітря в зимовий сезон (XII-II) у межах областей від'ємних температур. Найбільше зростання температури відбувається у березні місяці.

7. На основі аналізу різницевих інтегральних кривих виявлено, що перехід середніх річних температур у позитивну фазу коливань відбувся у 1989 році. Починаючи з 1989 року у коливаннях температур формується статистично значущий тренд.

8. Коливання річних сум опадів являють собою основу для формування особливостей коливань стоку: виділяється два цикли коливань, з 1945 по 1981 та після 1982. Однак кінець другого циклу на різних метеостанціях не є фіксованим (2010- 2014 рр.). На метеостанціях Мостиська та Львів цей перехід не наступив у 2021 році.

9. У коливаннях річних сум опадів трендів не виявлено. Внутрішньорічний розподіл опадів практично не змінюється.

10. Підчас порівняння середніх багаторічних значень річного стоку за два періоди- до та після 1989 року було встановлено, що ці значення можуть як зростати, так і зменшуватися на різних річках, що обумовлено як впливом потепління на формування весняного водопілля, так і дощовими паводками або зростанням внеску підземної складової.

11. Встановлено, що у період 1990-2021 рр. відбулося зменшення середньої багаторічної величини стоку за березень місяць для території Поділля і зростання цієї величини для верхньої течії Дністра (Стрвяж, Щирець, Верещиця).

12. Виявлено, що основні зміни внутрішньорічного розподілу стоку відбулися у зимові та весняні місяці. У зимові місяці відбувалося зростання їх внеску у формування річного стоку через відлиги, а у весняні – зменшення внеску через зміни у накопиченні снігового покриву перед початком весняного водопілля.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Вишневський В. І. Річки і водойми України. Стан і використання : монографія. Київ : Віпол, 2000. 376 с.
2. Вишневський В. І., Косовець О. О. Гідрологічні характеристики річок України. Київ : Ніка-Центр, 2003. 324 с.
3. Водна стратегія України на період до 2050 року (схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 9 грудня 2022 р. № 1134-р) URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-%D1%80#Text> (дата звернення 17.10.2025)
4. Гопченко Є. Д., Лобода Н. С., Овчарук В. А. Гідрологічні розрахунки : підручник. Одеса : ТЕС, 2014. 484 с.
5. Гопченко Є.Д., Овчарук В.А., Шакірзанова Ж.Р. Зміни гідрометеорологічних характеристик весняного водопілля на рівнинних річках України. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2012. Вип. 10. С. 133-142.
6. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз): монографія. Київ : Ніка-центр, 2010. 316 с.
7. Климчук А. Б. Карст и природные полости. Экологическая геология Украины, под ред. Шестопалова В. М. Киев : Наукова думка, 2009. 409 с. URL: <http://www.institute.speleoukraine.net/karst-and-caves/ukrainian-karst>.
8. Кліматичне районування України. URL: <https://geomap.land.kiev.ua/zoning-12.html#win1> (дата звернення 17.09.2025)
9. Коротун І.М. Природні умови та ресурси України : навч. пос. Рівне, 2000. 192 с.
10. Лобода Н.С. Методи статистичного аналізу у гідрологічних розрахунках і прогнозах : навч. пос. Одеса : Екологія, 2010. 184 с.
11. Лобода Н.С. Прогноз змін водних ресурсів України за сценаріями змін клімату (RCP 4.5, RCP 8.5) та оцінка ризиків для водного господарства. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни

клімату: колективна монографія / за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового, Одеський державний екологічний університет. Одеса : ТЕС, 2018. 498-521 с.

12. Лобода Н.С., Гопченко Є.Д. Стохастичні моделі у гідрологічних розрахунках : навч. пос. Одеса : Екологія, 2006. 200 с.

13. Лобода Н.С., Розвод М.Р. Закономірності коливань стоку річки Дністер (Україна) в умовах кліматичних змін на початку XXI сторіччя. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2023. 32. С. 50-62.

14. Лобода Н.С., Козлов М.О. Оцінка водних ресурсів річок України за середніми статистичними моделями траєкторій змін клімату RCP 4.5 та RCP 8.5 у період 2021-2050 роки. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2020. №25. С. 93-104.

15. Мельник С.В., Лобода Н.С. Динаміка періодичних складових багаторічних коливань гідрометеорологічних характеристик, виявлених на основі методу “гусениця” – SSA. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. Київ : ВГЛ “Обрії”. Т.18. 2010. С. 112-119.

16. Мельник С.В., Лобода Н.С. Оцінка змін характеристик стоку лівобережних приток Верхнього Дністра в умовах потепління. *Український гідрометеорологічний журнал*, 2021. 27. С. 55-65. URL: <http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/8996/> (дата звернення 24.09.2025)

17. Мудра К.В. Аналіз багаторічної динаміки коливань стоку Дністра та його приток. *Фізична географія та геоморфологія*. 2018. 91. С. 15–20

18. Овчарук В.А., Гопченко Є.Д., Траскова А.В. Нормування характеристик максимального стоку весняного водпілля в басейні річки Дністер : моногр. Харків : ФОП Панов А. М., 2017. 252 с.

19. План управління річковим басейном Дністра 2025–2030. URL: https://davr.gov.ua/fls18/tu/RBMP_Dniester/purb_dnis.pdf (дата звернення: 14.09.2025).

20. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Л. : Гидрометеиздат, 1984. 447 с.

21. Сніжко С., Шевченко О., Дідовець Ю. Аналіз впливу кліматичних змін на водні ресурси України (повний звіт за результатами проекту). Центр екологічних ініціатив «Екодія». 2021. 68 с. URL: <http://bit.ly/vodnist> (дата звернення 27.09.2025)
22. Хільчевський В.К. Характеристика водних ресурсів України на основі бази даних глобальної інформаційної системи FAO Aquastat. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2021. №1(59). С. 616
23. Хільчевський В.К., Гребінь В.В., Манукало В.О. Гідрологічний словник. Київ : Діа, 2022. 236 с.
24. Швєбс Г.І., Ігошин М.І. Каталог річок і водойм України : навчально-довідковий посіб. Одеса : Астропрінт, 2003. 390 с.
25. Школьний Є.П., Лєєва І.Д., Гончарова Л.Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації. Одеса, 1999. 600 с.
26. Changing climate both increases and decreases European river floods / Blöschl G., Hall J., Viglione A. et al. *Nature*. 2019. № 573. Pp. 108-111.
27. Climate change impact on regional floods in the Carpathian region / Didovets I., Krysanova V., Bürgera G., Snizhkoc S., Balabukhd V., Bronsterta A. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 2019. (№ 22). Pp. 1-14.
28. Climate change impact on water availability of main river basins in Ukraine / Didovets I., Krysanova V., Fokko F.H., Rocío Rivas López M., Snizhko S., Müller H. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 2020. Volume 32. Pp. 32-51.
29. Melnyk S., Loboda N. Trends in monthly, seasonal and annual fluctuations in flood peaks for upper Dniester River. *Meteorology, Hydrology and Water Management*. 2020. 8 (2). Pp. 28-36. <https://doi.org/10.26491/mhwm/126705>
30. Snizhko S., Didovets I., Bronstert A. Ukraine's water security under pressure: Climate change and wartime. *Water security*. 2024. Volume 23.13 p.