Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Географічний факультет
Кафедра гідрології та гідроекології

Кваліфікаційна робота магістра

на тему:

«ОЦІНКА ХАРАКТЕРИСТИК ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ ГІРСЬКОЇ ЧАСТИНИ БАСЕЙНУ Р. ДНІСТЕР»

Галузь знань: 10 Природничі науки
Спеціальність: 103 Науки про Землю
Освітньо-наукова програма: Гідрологія та інтегроване управління водними ресурсами

Виконав магістр 2-го року навчання
Бурков Павло Андрійович

Науковий керівник:
кандидат географічних наук,
Марина ГОПЦІЙ

Роботу рекомендовано до захисту
Протокол № 11 від 21травня 2025 р.

Завідувач кафедри гідрології та гідроекології — професор Василь ГРЕБІНЬ

Київ 2025

ЗМІСТ

		Стор.
ВСТУП		4
Розділ 1 КОРОТКА ХАРАКТИРИСТИКА УМОВ ФОРМУВАННЯ ПАВОДКОВОГО СТОКУ НА РІЧКАХ ГІРСЬКОЇ ЧАСТИНИ ДНІСТРА		6
1.1	1.1. Особливості рельєфу та геологічної будови	7
1.2	1.2. Ґрунтово-рослинний покрив гірської частини досліджуваного басейну	9
1.3.	Кліматичні особливості гірської частини басейну Дністра	13
	Висновки до 1 розділу	17
Розділ 2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНОГО РЕЖИМУ ДОСЛІДЖУВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ 17		18
	2.1. Гідрографічна мережа	18
	2.2. Особливості водного режиму	19
	2.3. Дощові паводки останніх років	22
	Висновки до 2 розділу	25
Розділ 3 СТАТИСТИЧНА ОЦІНКА ХАРАКТЕРИСТИК ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ		26
	3.1. Особливості та методи статистичної обробки випадкових гідрологічних величин	26
	3.2. Оцінка точності вихідних даних	34
	3.3. Дослідження циклічності стокових рядів дощових паводків на річках гірської частини басейну Дністра	36
	3.4. Статистична оцінка характеристик часових рядів шарів стоку дощових паводків річок гірської частини Дністра	41
	3.5. Статистична оцінка характеристик часових рядів максимальних витрат води дощових паводків на річках гірської частини басейну Дністра	44

	3.6. Тривалість дощових паводків на річках гірської частини басейну Дністра	48
	Висновки до 3 розділу	49
ВИСНОВКИ		51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ		54

ВСТУП

Актуальність теми: дощові паводки в гірських умовах є небезпечним гідрологічним явищем, що характеризується стрімким підйомом рівня води та високими піковими витратами, здатними спричиняти значні руйнування та загрозу для населених пунктів та інфраструктури. Їх дослідження є критично важливим для розробки ефективних заходів захисту та систем раннього попередження. Дослідження максимального стоку дощових паводків у гірських річках вимагає врахування специфічної взаємодії метеорологічних та фізико-географічних факторів, що визначають швидкість формування, пікові характеристики та об'єм паводкової хвилі. Отримані знання є основою для розробки ефективних стратегій управління паводковими ризиками в гірських регіонах та моделювання майбутніх подій.

Мета: проаналізувати та оцінити характеристики максимального стоку дощових паводків на річках гірської частини басейну р. Дністер та дослідити особливості просторово-часової мінливості стокових рядів максимальних витрат води та шарів стоку за багаторічний період.

Завдання:

- дослідити місцеві фактори формування дощового стоку;

- дослідити особливості водного режиму річок гірської частини басейну р. Дністер;

- створити базу даних максимальних витрат води, шарів стоку та тривалості дощових паводків на річках досліджуваної території;

- визначити та дослідити циклічність у рядах максимальних витратах води та шарів стоку за багаторічний період спостережень;

- оцінити статистичні характеристики рядів характеристик максимального стоку дощових паводків;

- дослідити динаміку та характер змін характеристик дощових паводків за багаторічний період.

Об’єкт дослідження: водозбори гірської частини басейну р. Дністер.

Предмет дослідження: максимальний стік дощових паводків на річках гірської частини басейну р. Дністер.

Для дослідження використано матеріали: Матеріали даних багаторічних спостережень за характеристиками дощових паводків та дані про щоденні витрати води за роки високих паводків Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського, інформація з офіційного сайту Українського гідрометеорологічного центру.

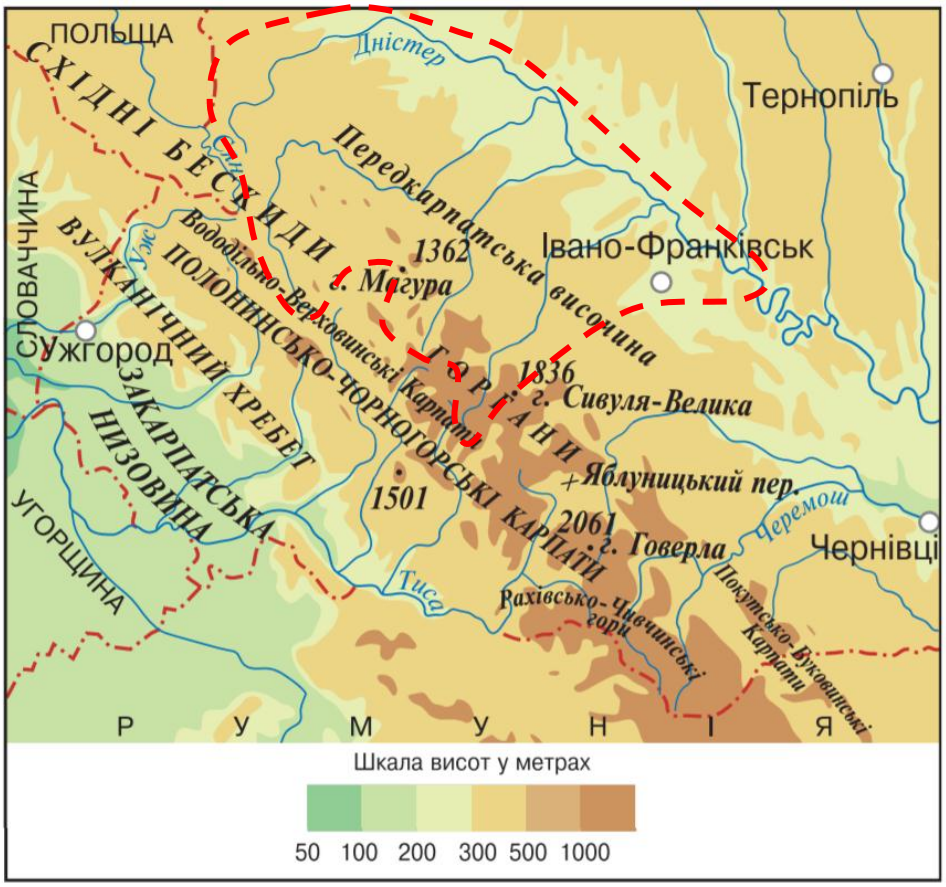
Методи дослідження: аналітичний, статистичні методи обробки гідрометеорологічних рядів спостережень.

Практичне значення: отримана характеристика умов формування паводкового стоку та статистичні параметри можуть бути використані для вдосконалення моделей прогнозування дощових паводків у гірській частині басейну Дністра, дозволить більш точно оцінювати ймовірність виникнення паводків різної інтенсивності та визначати зони потенційного затоплення, що є основою для розробки карт ризиків. Дані про максимальні розрахункові витрати води дощових паводків (забезпеченістю менше 1%) необхідні для безпечного проектування та експлуатації гідротехнічних споруд (мостів, водозаборів, захисних дамб).

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи: Структура роботи включає в себе вступ, 3 основних розділи, висновки та перелік використаних джерел. Повний обсяг роботи становить 55 сторінок.

РОЗДІЛ 1
КОРОТКА ХАРАКТИРИСТИКА УМОВ ФОРМУВАННЯ ПАВОДКОВОГО СТОКУ НА РІЧКАХ ГІРСЬКОЇ ЧАСТИНИ ДНІСТРА

Гірська частина басейну річки Дністер своїми правими притоками охоплює значну територію Українських Карпат та їх передгір'я, займаючи південно-західну частину України (рис. 1.1). Це територія Львівської, Івано-Франківської та Чернівецької областей України [1, 2].



- - - - гірська частина басейну р. Дністер

Рис. 1.1 Фізико-географічна карта Українських Карпат [3]

На півночі межує з рівнинними частинами Львівської та Тернопільської областей, де починається Передкарпатська височина.

На сході поступово переходить у Передкарпатську височину, яка відокремлена від гірської частини чітко вираженим уступом.

На півдні межує з гірськими масивами Покутсько-Буковинських Карпат та Чернівецькою височиною [4].

На заході природною межею служать головний вододільний хребет Українських Карпат, за яким розташовується басейн річки Тиса (басейн Дунаю).

1.1. Особливості рельєфу та геологічної будови

Рельєф гірської частини басейну Дністра характеризується чергуванням гірських хребтів, міжгірних улоговин та глибоких річкових долин.

Основні гірські масиви включають Верховинський Вододільний хребет, Горгани, Покутсько-Буковинські Карпати, а також окремі хребти нижчої висоти.

У басейні самого Дністра найвищі вершини мають гора Магура висотою 1362 м та гора Сивуля-Велика 1836 м.

Передкарпатська височина характеризується інтенсивним розчленуванням численними правими притоками річки Дністер, які в більшості випадків приурочені до зон поперечних тектонічних порушень. Ці притоки, прорізаючи рівнинну поверхню, створили складну гідрографічну мережу та вплинули на формування сучасного рельєфу [1, 4].

Для Передкарпатської височини типовим є чергування підвищених міжріч із розділяючими їх добре розробленими, широкими терасованими долинами. У зонах поперечних піднять спостерігається зменшення потужності осадових порід, зростає вміст грубоуламкового матеріалу та фіксується формування брахіантиклінальних складок. На ділянках занурень структурних елементів Передкарпатського прогину, навпаки, чітко простежується збільшення потужності осадових відкладів.

Українські Карпати та прилегла до них територія формувалися під впливом різноманітних екзогенних процесів, серед яких провідну роль відігравали водно-ерозійні, денудаційні, гравітаційні, льодовикові, карстові та інші процеси. Інтенсивність цих процесів безпосередньо залежить від спрямованості неотектонічних рухів, літологічної будови порід, що виходять на денну поверхню, абсолютних висот над рівнем моря та комплексу інших природних факторів [1, 5].

Гірська частина басейну Дністра складена переважно флішовими товщами крейдового та палеогенового періодів. Ці осадові породи характеризуються ритмічним перешаруванням пісковиків, сланців та мергелів, що впливає на їхню стійкість до ерозії та формування специфічних форм рельєфу.

У передгірській частині поширені неогенові моласові відклади – конгломерати, пісковики, глини, гіпси та солі, які є продуктами руйнування Карпатської гірської споруди.

Активна тектонічна діяльність в альпійську епоху призвела до інтенсивної складчастості та надвигоутворення, що зумовило складну геологічну будову регіону та його сучасний рельєф [1, 6].

Сучасна річкова мережа на цій території України почала активно формуватися ще в ранньому плейстоцені. У будові терас гірських річок басейну Дністра північно-східних схилів Українських Карпат новітні тектонічні підняття та інтенсивне врізання річок призвели до глибокого ерозійного розчленування системою поперечних долин, балок та ярів, причому глибина розчленування в передгірській зоні може сягати 200 метрів. Балки та яри тут переважно приурочені до місць залягання міоценових та пліоцен-антропогенових відкладів [1, 4].

Сучасні зсуви найчастіше локалізуються у верхів'ях балок з постійним водотоком, у нижній частині крутих схилів та в зонах активних тектонічних рухів, де порушена стійкість гірських порід.

Селі, які раптово виникають під час короткочасних інтенсивних літніх злив, завдають значної шкоди в Передкарпатті, руйнуючи дороги, мости, житлові будинки та інші споруди, а їхній уламковий матеріал покриває сільськогосподарські угіддя на прилеглих терасах, знищуючи врожай.

На формування селевих потоків на північно-східних схилах Українських Карпат значний вплив мають геологічна будова порід, що виходять на денну поверхню, та геоморфологічні умови. Найбільш активними районами розвитку селей є території поширення флішових порід, які характеризуються низькою стійкістю до ерозії. Утворення селевих (водно- та грязекам'яних потоків) збільшилося в останні десятиліття через значні площадні вирубки лісів, що призводить до зменшення водорегулюючої здатності ландшафтів [4].

Серед природних факторів, що сприяють виникненню селевих явищ, велике значення мають інтенсивна ерозійна розчленованість басейнів гірських річок, наявність крутих схилів, що посилюють поверхневий стік, слабка денудаційна стійкість флішових товщ, значна потужність пухкого матеріалу на схилах та широке поширення територій, позбавлених рослинності.

В Українських Карпатах та на їхніх схилах часто трапляються сліди вітровалів та вітроломів, які сприяють розпушенню делювіального покриву, посилюють площинний змив, лінійну ерозію та селеві явища. У Передкарпатті вітроломи найчастіше відбуваються у верхів'ях річки Бистриці Надвірнянської, де низькогірні хребти складені олігоценовим дрібноритмічним флішем, покритим пухкими зволоженими делювіальними відкладами. Переважаючий на схилах грубоуламковий матеріал, який слабо закріплює кореневу систему дерев, також сприяє прояву вітровалів [4].

1.2. Ґрунтово-рослинний покрив гірської частини досліджуваного басейну

Ґрунтовий покрив впливає на живлення річок, зокрема на частку підземного стоку [5, 6].

Ґрунтовий покрив гірської частини басейну річки Дністер характеризується значною різноманітністю, що зумовлено складною геологічною будовою, різноманіттям кліматичних умов, вертикальною зональністю та впливом рослинності. У гірській частині поширені бурі гірсько-лісові ґрунти, у передгір'ї - дерново-підзолисті та сірі лісові ґрунти (рис. 1.2).

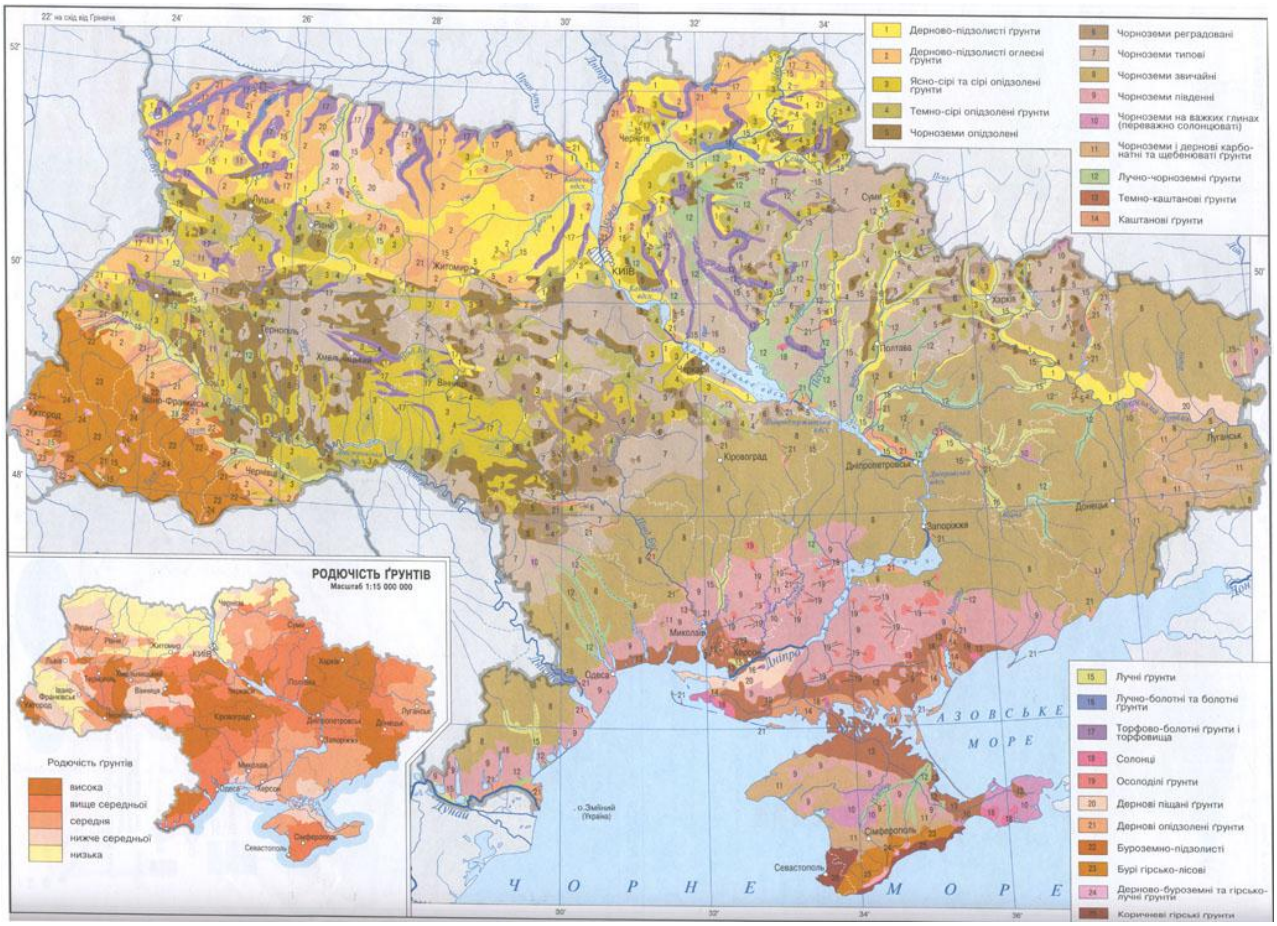


Рис. 1.2. Карта ґрунтів Українських Карпат

Основні типи ґрунтів, поширені в цьому регіоні [4]:

Гірсько-лісові бурі ґрунти (буроземи) - найпоширеніший тип ґрунтів у лісовому поясі Карпат (до висоти 1200-1400 м). Вони формуються під буковими, смерековими та мішаними лісами на елювіально-делювіальних відкладах флішової формації. Характеризуються добре розвиненим профілем, наявністю гумусового горизонту середньої потужності (вміст гумусу 3-6%), високою скелетністю та кислою реакцією. Залежно від висоти та

лісоутворюючої породи, виділяють підтипи: бурі гірсько-лісові типові, бурі гірсько-лісові опідзолені, бурі гірсько-лісові оглеєні.

Гірсько-підзолисті ґрунти - зустрічаються на вищих висотах (понад 1400 м), під хвойними лісами (переважно смерековими) та криволіссям. Відрізняються наявністю підзолистого горизонту, меншою потужністю гумусового горизонту (1-3% гумусу), сильною кислою реакцією та високою скелетністю.

Дерново-буроземні ґрунти - поширені у передгірній смузі та нижній частині гірських схилів під широколистяними та мішаними лісами. Характеризуються більш потужним гумусовим горизонтом (4-7% гумусу), меншою кислотністю порівняно з гірсько-лісовими бурими ґрунтами та кращою забезпеченістю поживними речовинами.

Алювіальні (наносні) ґрунти - формуються в заплавах річок та їхніх приток. Характеризуються шаруватою будовою, різним механічним складом залежно від матеріалу, що приноситься річковими водами, та високою родючістю.

У районах поширення карбонатних порід можуть зустрічатися дерново-карбонатні ґрунти, які відрізняються лужною реакцією та наявністю карбонатів у ґрунтовому профілі. На крутих схилах значне поширення мають щебенисті та малорозвинені ґрунти [4].

Відповідно до висотної зональності, у Карпатах представлені широколистяні (букові, дубові) та хвойні (ялицеві, смерекові) ліси, вище - субальпійські луки (рис. 1.3). У передгір'ї переважають лісостепові ландшафти. Ліси відіграють важливу роль у регулюванні водного балансу басейну, зменшуючи поверхневий стік та сприяючи інфільтрації води.

Рослинний покрив гірської частини басейну Дністра відрізняється чітко вираженою висотною поясністю, що зумовлено зміною кліматичних умов з висотою [1, 4].

Передгірні широколистяні ліси (до 500-700 м) - представлені переважно дубово-грабовими лісами з домішкою клена, липи, ясена. У підліску поширені ліщина, бруслина, гордовина. Трав'яний покрив різнотравний.

Букові ліси (500-1200 м) - домінуючою породою є бук лісовий, часто з домішкою ялиці білої та клена-явора. Трав'яний покрив розвинений слабко, переважають тіньовитривалі види (квасениця звичайна, копитняк європейський).

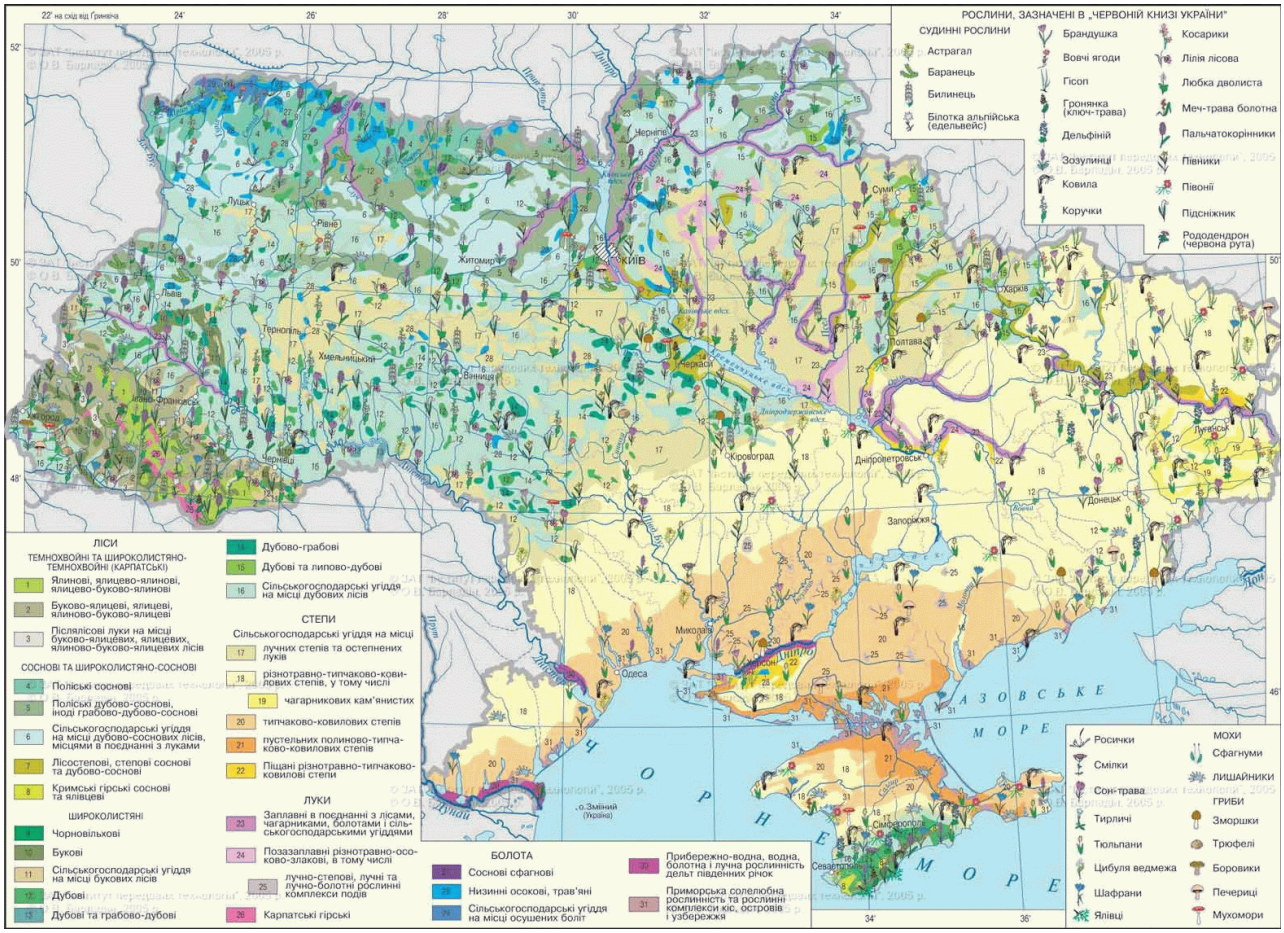


Рис. 1.3. Карта рослинного покриву України

Мішані ліси (800-1400 м) - перехідний пояс між буковими та смерековими лісами, де зростають бук, ялиця біла, смерека звичайна, клен-явір. Видовий склад трав'яного покриву багатший, ніж у букових лісах.

Смерекові ліси (1200-1600 м) - домінантом є смерека звичайна (ялина європейська). У підліску зустрічаються ялівець сибірський, рододендрон

східнокарпатський. Трав'яний покрив бідний, представлений переважно брусницею, чорницею, багно звичайним.

Субальпійські луки та криволісся (вище 1600 м): На найвищих хребтах поширені низькорослі чагарники (ялівець сибірський, сосна гірська), криволісся з сосни гірської та вільхи зеленої, а також різнотравні субальпійські луки, які використовуються як високогірні пасовища (полонини).

У долинах річок та на зволожених ділянках поширені заплавні луки з багатим різнотрав'ям та окремі ділянки вільхових лісів. На кам'янистих схилах та осипищах зустрічаються специфічні петрофітні угруповання.

Значна частина лісових масивів Карпат має важливе водоохоронне значення, регулюючи стік річок та запобігаючи ерозійним процесам. Рослинний покрив також відіграє важливу роль у формуванні ґрунтів та підтриманні біологічного різноманіття регіону [4].

1.3. Кліматичні особливості гірської частини басейну Дністра

Гірська частина басейну Дністра розташована в межах помірно континентальної кліматичної області, яка характеризується значною амплітудою температур, достатньою кількістю опадів та чітко вираженою сезонністю [7, 8].

На кліматичний режим річкових басейнів, розташованих у безпосередній близькості до Карпатського гірського масиву, значний вплив має саме їхня присутність. Карпати, виступаючи в ролі природного бар'єру, перешкоджають проникненню холодних арктичних повітряних мас на прилеглі території. Цей захисний ефект сприяє формуванню теплішого клімату в передгір'ях та на рівнинних ділянках, порівняно з іншими регіонами на тих самих широтах.

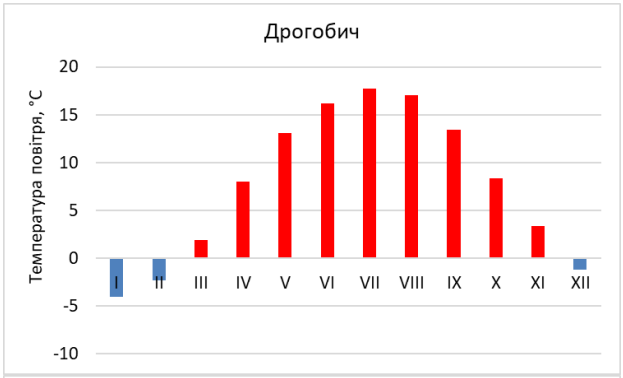
Водночас, у самих гірських районах спостерігається закономірне охолодження повітря з набором висоти. Це явище є наслідком адіабатичного розширення повітря при зниженні тиску та збільшенням відстані від прогрітої земної поверхні. Таким чином, Карпати створюють чітко виражену вертикальну

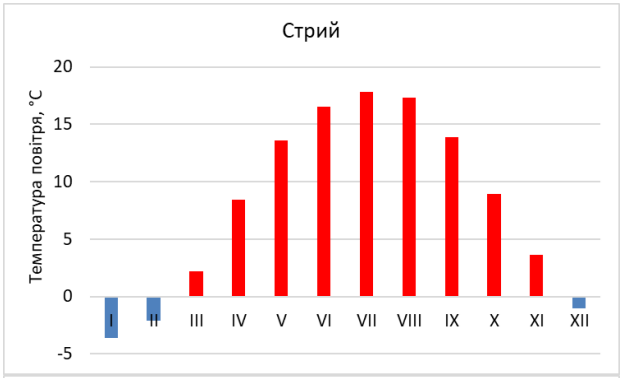
кліматичну зональність, що проявляється у різниці температур між передгір'ями та високогір'ям [7].

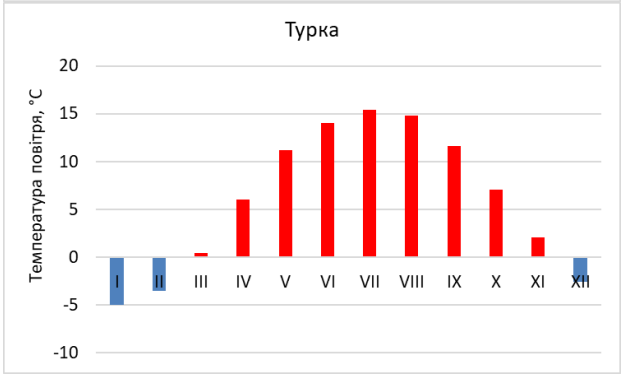
Розглянемо річний хід середньомісячних температур повітря по метеостанціях, що розташовані в гірській частині Дністра (середня висота більше 600 м). У Кліматичному кадастрі України 1960-1991рр. [9] в межах дослідженої території наведені дані по 4 метеостанціях у Львівській області та 2 метеостанціях Івано-Франківської області.

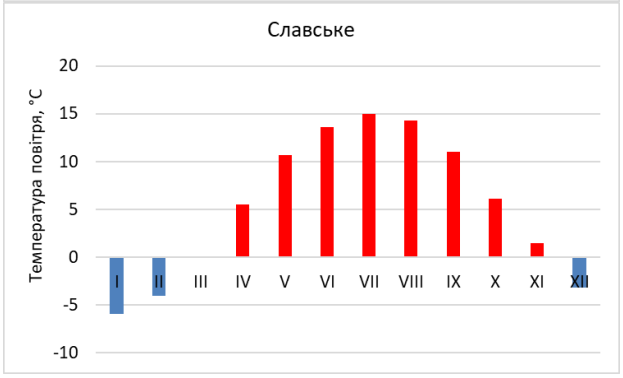
Середньорічна температура по розглянутих метеостанціях складає 6,9°С при діапазоні від 5,4°С до 8,0°С. При цьому протягом року середньомісячна температура змінюється від -5,9°С в січні до 17,9°С в липні (рис. 1.4)

Львівська область

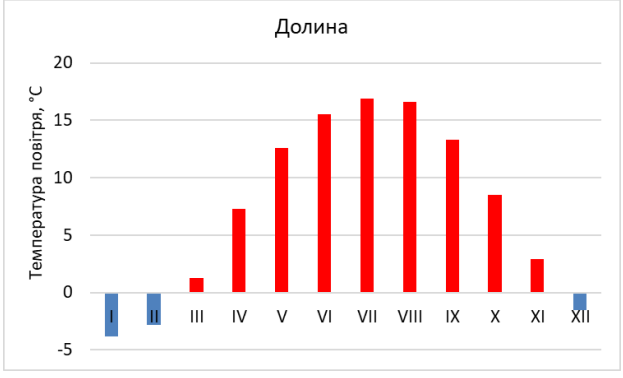








Івано-Франківська область



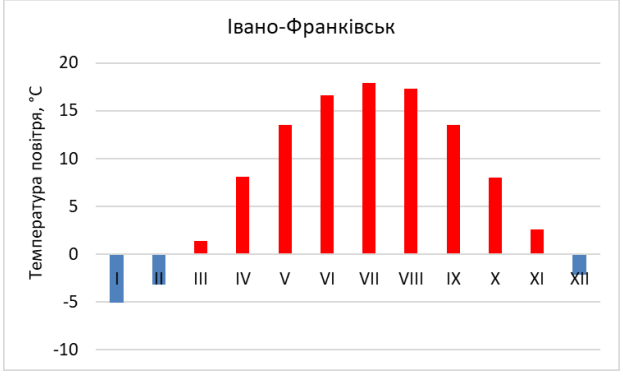


Рис.1.4. Середньомісячні температури повітря по метеостанціях гірської частини Дністра

Крім температурного режиму, гірський масив також впливає на розподіл опадів. Навітряні схили Карпат, що зустрічають вологі повітряні маси з Атлантики, отримують значно більшу кількість опадів, ніж підвітряні схили та прилеглі рівнини, де може спостерігатися ефект дощової тіні. Це призводить до формування густої річкової мережі в горах та передгір'ях, а також впливає на водність річок басейну Дністра, значна частина витоків яких знаходиться саме в Карпатах [1, 7, 10].

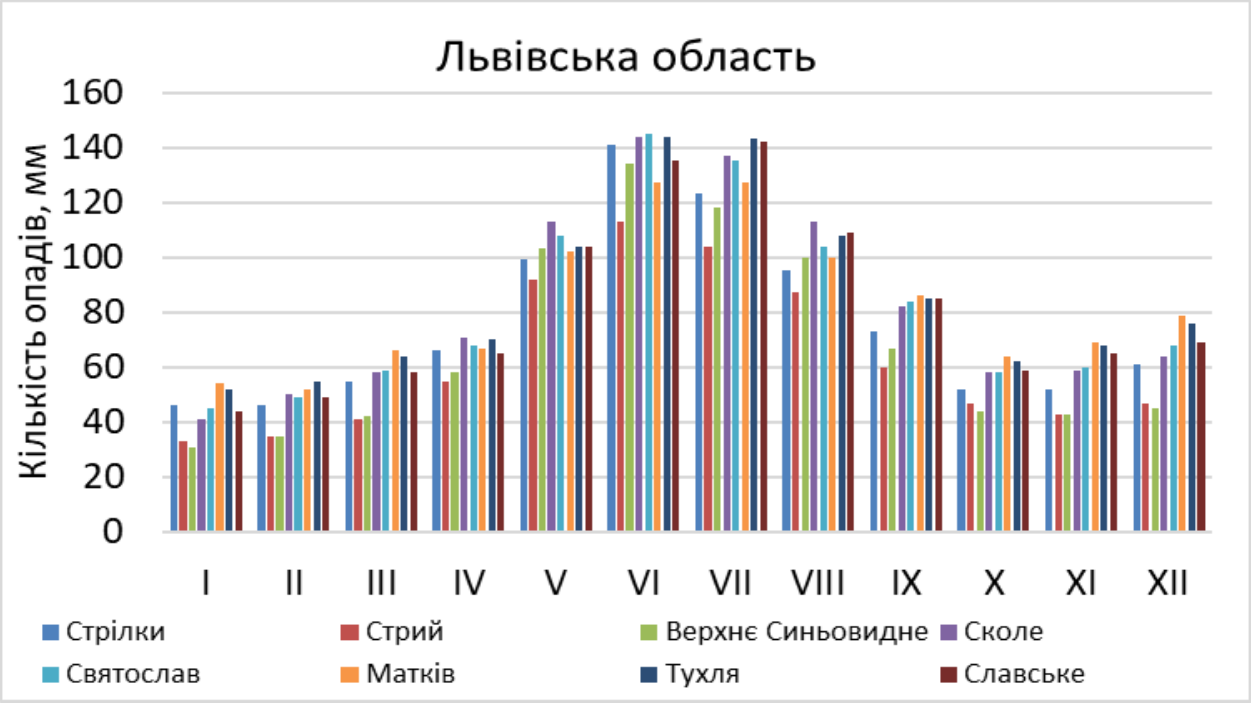
Середньорічна кількість опадів, що фіксується по гідрометеорологічних постах досліджуваної території, становить 938 мм. У межах Львівської області ця кількість змінюється від 757 мм (м/с Стрий) до 1031 мм (м/с Тухля), а у межах Івано-Франківської області від 723 мм (м/с Тисів) до 1168 мм (м/с Мислівка). Протягом року щомісячно формується різна кількість опадів (рис. 1.5). Найменша кількість опадів у січні від 27 мм до 54 мм, а найбільша – у червні від 113 мм до 172 мм та у липні від 104 мм до 167 мм.

Для глибшого розуміння режиму зволоження певної території, окрім загальної кількості опадів, важливим є аналіз повторюваності опадів різної інтенсивності. Кількість днів, протягом яких випадають опади різної величини, демонструє відносно незначну мінливість у просторі, проте простежується чітка тенденція до зменшення цього показника з північного заходу (150-190 днів на рік) на південний схід (90-100 днів на рік).

Розподіл днів з опадами протягом року також має свої закономірності. Максимальна кількість днів з опадами припадає на зимовий період, що пов'язано з проходженням циклонів та випаданням снігу. Другий, менш виражений, максимум спостерігається у травні-червні, що може бути зумовлено активізацією циклонічної діяльності та конвективними процесами. Окремий, більш чіткий максимум фіксується у вересні, ймовірно, пов'язаний зі зміною синоптичних процесів на початку осені.

Щодо значних дощів, їхній максимум повторюваності зміщується на літні місяці – червень-серпень. Це пояснює збільшення інтенсивності зливової діяльності влітку, коли активізуються конвективні процеси, а також зростає ймовірність утворення грозових фронтів.

З практичної точки зору особливий інтерес становлять добові суми опадів різної забезпеченості, оскільки саме інтенсивні опади можуть призводити до негативних наслідків. Зокрема, дощі з кількістю опадів 70 мм і більше становлять значну загрозу для народного господарства, спричиняючи підтоплення, руйнування інфраструктури та завдаючи шкоди сільському господарству.



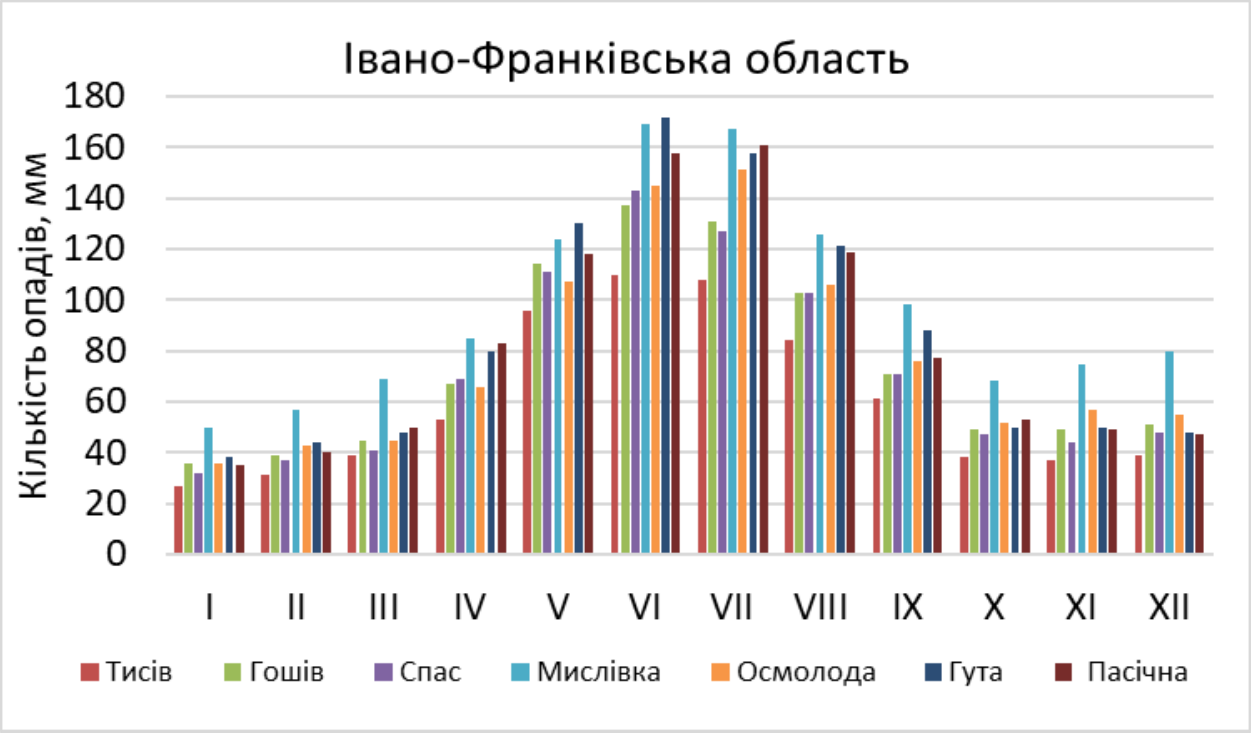


Рис. 1.5. Місячний розподіл суми опадів в басейні гірської частини Дністра

Хоча такі інтенсивні опади можуть спостерігатися в період з травня по грудень, їхня найвища ймовірність припадає саме на літні місяці. Під час особливо потужних злив може випасти 100 мм опадів і більше, що становить значну кількість вологи та може призвести до катастрофічних наслідків, особливо на територіях зі складною геоморфологією або порушеним рослинним покривом.

Взимку характерний стійкий сніговий покрив, а на вершинах гір можливі сніжники, що зберігаються до літа.

Кліматичні умови зумовлюють розвиток густої річкової мережі та значний поверхневий стік [5, 6].

Висновок до 1 розділу. Гірська частина басейну річки Дністер являє собою складну фізико-географічну систему, що характеризується різноманітним рельєфом, складною геологічною будовою, сприятливими для формування поверхневого стоку кліматичними умовами, густою річковою мережею та вираженою висотною поясністю ландшафтів. Ці особливості відіграють

важливу роль у формуванні гідрологічного режиму річки Дністер, особливо в період дощових паводків.

РОЗДІЛ 2
ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНОГО РЕЖИМУ ДОСЛІДЖУВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ

2.1. Гідрографічна мережа

Річкова мережа гірської частини (Карпатської) в басейні Дністра (рис.2.1) має найбільшу густину (понад 1 – 1,5 км/км^2) і на ній формується близько 70% стоку річки [11].

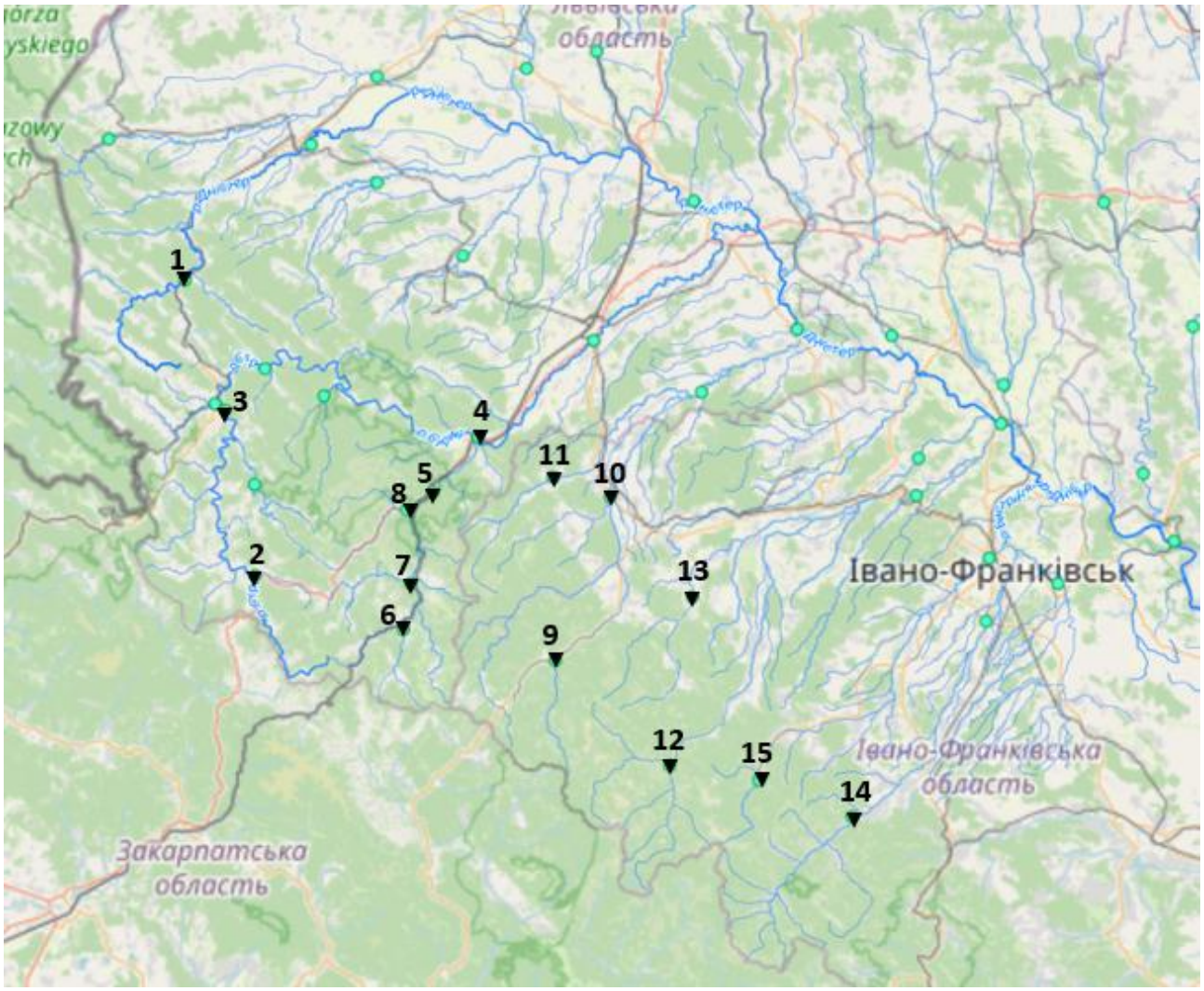


Рис.2.1. Гідрографічна мережа та гідрологічні пости гірської частини Дністра

Основні притоки Дністра в гірській частині (див. рис. 2.1) - Стрий, Опір, Свіча, Ломниця, Бистриця Надвірнянська, Бистриця Солотвинська.

Для дослідження максимального стоку дощових паводків було обрано пункти спостережень за гідрологічними характеристиками, водозбори яких мають середню висоту більше 600 м. Гідрологічна мережа охоплює 15 водозборів з площами від 76,3 км² до 2400 км² (табл. 2.1). Залісеність водозборів коливається від 35 % до 95 %, болота відсутні, розпаханість від менше 5 % до 30 %. Середня висота водозборів коливається від 620 м до 1200 м [1, 10, 11].

Річки мають переважно гірський характер у верхній течії – швидка течія, кам'янисте русло, численні пороги та перекати. У передгір'ях течія сповільнюється, а долини розширюються [1, 10, 12].

Річкові долини Дністра та його гірських приток мають переважно вузький, V-подібний профіль у верхній течії та поступово розширюються в передгір'ях, часто утворюючи терасовані схили. У гірській частині басейну Дністра спостерігається чітка висотна поясність від передгірних лісостепових та широколистяних лісів до букових та хвойних лісів у середньогір'ї та субальпійських лук і криволісся на найвищих хребтах [5, 10].

Річкові долини та міжгірні улоговини часто зайняті луками, пасовищами та сільськогосподарськими угіддями.

Значний похил та швидка течія у верхів'ях річки зумовлює значну ерозійну силу та переважання гірського типу русла з порогами та перекатами.

У передгірній частині річки стають більш спокійними, їх похил зменшується, а долини розширюються.

2.2. Особливості водного режиму

Річний гідрологічний режим річок гірської частини Дністра характеризується чітко вираженою сезонною динамікою рівнів води. Живлення

річок відбувається за рахунок атмосферних опадів (дощів та снігу), а також підземних вод [13, 14].

Таблиця 2.1 – Основні гідрографічні характеристики водозборів гірської частини басейну Дністра

№ за картою рис. 1.6	Річка - пост	Відстань, км		Уклін річки, ‰		Площа водозбору F, км^2	n, років	Заболоченість $f_б$, %	Лісистість $f_л$, %	Розпаханість, %	Середня висота $H_{ср}$, м
		від витока	від найбільш віддаленої точки річкової мережі	середній	Середньозважений						
1	Дністер -с.Стрілки	35	35	10,1	5,9	384	53	0	40	<5	620
2	Стрій - с.Матків	29	29	15,3	7,2	106	46	0	56	<5	860
3	Стрій - с. Завадівка	73	73	6	3,3	740	39	0	35	30	800
4	Стрій – смт Верхнє Синьовидне	154	154	4,7	2,4	2400	61	0	48	25	760
5	Опір - м. Сколе	44	44	12,8	6,3	733	51	0	50	15	820
6	Славська – смт Славське	13	17	38,1	15,9	76,3	47	0	53	15	860
7	Головчанка - с.Тухля	12	28	18,4	10,9	130	46	0	41	10	810
8	Орява - х.Святослав	25	25	17	16	204	56	0	77	15	830
9	Свіча - х. Мислівка	20	20	23,9	14,5	201	46	0	95	<5	1000
10	Лужанка - с. Гошів	29	29	28,3	18,3	146	51	0	55	15	660
11	Сукіль - с.Тисів	30	30	26	16,8	138	42	0	80	5	770
12	Лімница - с. Омолода	27	27	23,7	15,5	203	44	0	83	<5	1200
13	Чечва - с.Спас	23	23	12,6	10,9	269	45	0	72	5	820
14	Бистриця-Надвірнянська - с. Пасічна	34	34	19,5	12,1	482	44	0	72	5	1000
15	Бистриця-Солотвинська - с. Гута	17	17	44,6	30,3	112	52	0	92	<5	1100

Важливою особливістю формування стоку річок досліджуваної території є домінуючий характерний паводковий режим протягом усього року, оскільки інтенсивні дощі в горах можуть спричиняти швидкі підйоми рівня води навіть у літній період [15, 16].

Основними фазами цього режиму є весняне підняття, зумовлене інтенсивним таненням снігового покриву у Карпатах, та періодичні дощові паводки, які нерідко перевищують за своєю амплітудою рівні весняної повені [17].

Для осіннього періоду є характерними більш стабільні та низькі рівні води, проте не виключаються випадки формування значних паводків внаслідок інтенсивних дощів. Найвищі річні рівні води зазвичай фіксуються під час весняної повені, яка відзначається стрімким та інтенсивним підйомом рівня. Звичайний підйом рівня весняної повені становить значну величину – від 0,5 до 2,5 метрів над умовним рівнем води в річищі.

Періоди низьких рівнів води (межені) можуть спостерігатися протягом усього року, проте найбільш тривалі та низькі межені характерні для літньо-осінньої пори. Таким чином, мінімальні літні витрати води можуть фіксуватися в будь-якому місяці в період між завершенням весняної повені та встановленням льодоставу.

Весняна повінь зазвичай розпочинається на початку березня, а максимальних значень досягає наприкінці цього місяця, коли рівень води піднімається в різні роки від 0,4 м до 1,3 м. Найнижчі літні рівні води найчастіше спостерігаються у серпні-вересні, коли випаровування – максимальне. Зимові рівні води зазвичай є вищими за літні меженні, а під час відлиг спостерігається їхнє підвищення на 0,2 – 0,3 метра внаслідок танення снігу в горах та на рівнинній частині басейну [1, 10, 11, 17].

Для досліджуваної частини характерним є річки зі стійким льодовим покривом, проте є ряд річок, які не мають стійкого льодового покриву.

Середньорічна витрата води змінюється від 1,74 м³/с (р. Славська – с.Славське) до 41,2 м³/с (р. Стрій – смт Верхнє Синьовидне), середньорічний

модуль по розглянутих водозборах змінюється від 13,2 л/(с·км²) на р. Дністер - с.Стрілки до 32,7 л/(с·км²) на р. Лімница - с. Омолода.

Протягом року стік формується нерівномірно (рис. 2.2), як і кількість опадів, які є головним стокоформуючим джерелом.

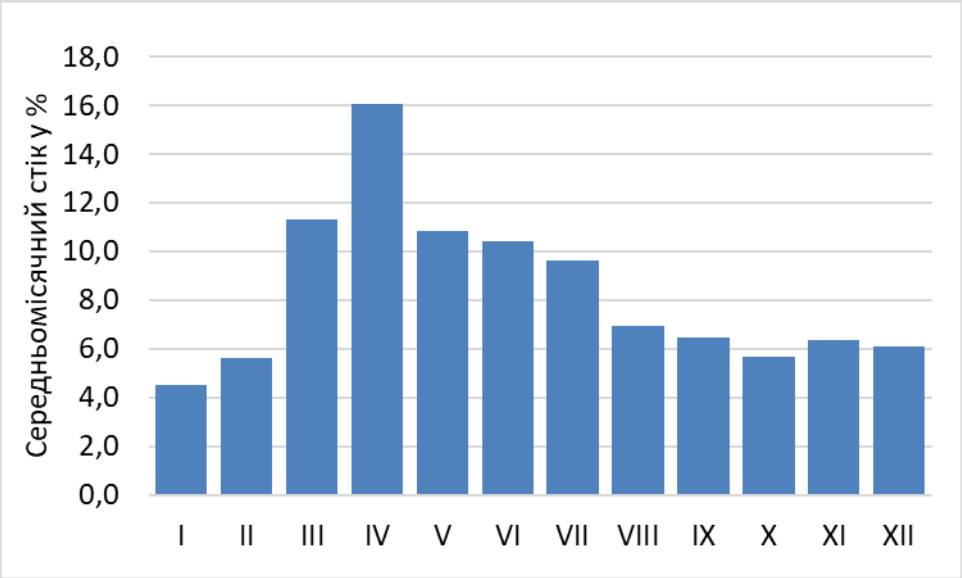


Рис. 2.2. Типовий розподіл стоку води річок гірської частини басейну Дністра

Аналізуючи рис. 2.2 можна відмітити, що найбільше стоку формується у квітні місяці 16 % від річної суми, а найменше у січні – 4,5 %, при цьому за весняний сезон (з березня по травень) 38,2% річного стоку, а у літньо-осінній сезон (з червня по листопад) формується 45,5 %. Це підтверджує твердження, що на досліджуваних річках у різні роки формуються дощові паводки, які за своєю величиною перевищують весняний стік.

2.3. Дощові паводки останніх років

Карпатський регіон України характеризується підвищеною гідрологічною активністю, зокрема схильністю до формування значних паводків, інтенсивність та частота яких можуть зростати в умовах змін клімату [17, 18, 19].

Так, за даними Українського гідрометеорологічного центру, 23-24 червня 2020 року Карпати зазнали впливу надзвичайно інтенсивних опадів, кількість яких сягала 200-235 мм. Це значно перевищило середні багаторічні показники для червня, що призвело до різкого збільшення водності річок та підтоплень у ряді населених пунктів, завдавши інфраструктурних та економічних збитків.

На рис. 2.3 показані побудовані гідрографи стоку по деяких річках гірської частини Дністра за 2020 рік. У період паводку відмічалися витрати води більші за витрати води у весняний період по всіх розглянутих гідрографах.

Гідрологічна ситуація того періоду характеризувалася формуванням максимальних рівнів води на більшості річок Карпатського регіону, які були близькими або навіть вищими за середні багаторічні максимальні значення. Це свідчило про екстремальний характер гідрометеорологічної події.

Подібні масштабні паводки спостерігалися й раніше. Зокрема, у червні та липні 2010 року активна циклонічна діяльність спричинила випадіння 2-4 місячних норм опадів. Наслідком цього стали значні підйоми рівнів води, що сягали 4-5 метрів, призводячи до масштабних затоплень та руйнувань.

Ще одна руйнівна подія зафіксована у липні 2008 року, коли внаслідок надзвичайно сильних злив на річках Карпат сформувався екстремально високий дощовий паводок. Характерною особливістю цього паводка було проходження кількома піками, а за своїми гідрологічними характеристиками він був близьким до історично високого паводка, що пройшов цією територією у червні 1969 року, підкреслюючи циклічність екстремальних гідрологічних явищ у регіоні.

Масштабність проблеми паводків підтверджується даними Організації економічного співробітництва та розвитку, яка визнає паводки одними з найбільш поширених природних катастроф у світі. Щорічні збитки від цих стихійних лих оцінюються в близько 40 мільярдів доларів США, що підкреслює важливість досліджень, прогнозування та впровадження заходів з мінімізації негативних наслідків паводків, особливо в таких вразливих регіонах, як Українські Карпати.

Рис. 2.3. Гідрографи витрат води у 2020 році на річках гірської частини басейну Дністра

Висновки до 2 розділу. Водний режим досліджуваних водозборів характеризується паводковим характером. Живлення річок переважно змішане з переважанням снігового. Протягом року стік формується нерівномірно. Гідрологічна та гідрографічна мережа характеризується високою щільністю. Вплив наявності гір формує тут своєрідний осередок для формування інтенсивних опадів. В останні роки почастішали випадки формування екстремальних підняттів рівнів води і як наслідок підтоплення території і нанесення збитків економіці країни і людському життю.

РОЗДІЛ 3
СТАТИСТИЧНА ОЦІНКА ХАРАКТЕРИСТИК ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ

3.1. Особливості та методи статистичної обробки випадкових гідрологічних величин

Гідрологічні явища та процеси, такі як річковий стік, рівень води, випаровування тощо, демонструють значну мінливість у часі та просторі, що зумовлює їх імовірнісний характер. Ця випадковість не заперечує їх фізичної обумовленості, а є наслідком складної взаємодії безлічі факторів, кожен з яких окремо практично не піддається точному обліку. При розробці теорій формування гідрологічного режиму, через велику кількість локальних особливостей природного середовища, дослідники змушені використовувати гранично узагальнені вихідні умови, які можуть відобразити лише основні закономірності. Отже, виявлення закономірностей у цих складних багатофакторних зв'язках стає можливим лише за допомогою статистичних методів [20, 21].

Однак, як слушно зауважують відомі гідрологи А.В. Рождественський та О.І. Чеботарьов, застосування статистичних методів у гідрологічних дослідженнях має свої специфічні особливості, що випливають з унікальної природи гідрологічних явищ [22].

Перша особливість полягає в **обмеженості інформації**, яка часто є незворотною. На відміну від багатьох інших галузей знань, гідрологічні спостереження, особливо довготривалі, є дорогими та трудомісткими, а в багатьох випадках розширення часових рядів даних є фізично неможливим. У зв'язку з цим, особливої ваги набувають методи приведення коротких гідрологічних рядів та їх статистичних параметрів до тривалого періоду, а також екстраполяції різних кривих розподілу за межі наявних вимірювань. Ці

процедури вимагають обережності та глибокого розуміння статистичних закономірностей.

Друга важлива особливість полягає у **неоднорідності рядів гідрологічних вимірювань** як у часі, так і у просторі. Річковий стік, наприклад, може суттєво відрізнятися в різні сезони, роки, а також на різних ділянках річкової системи. Ця мінливість значно ускладнює статистичне описання сукупності гідрологічних величин, оскільки традиційні статистичні методи часто передбачають однорідність вибірки. Частково порушення одноманітності рядів стокових характеристик пов'язано зі зростаючим впливом господарської діяльності на водозбірні басейни, що призводить до антропогенних змін гідрологічного режиму.

Третя специфічна риса застосування статистики в гідрології пов'язана з наявністю **внутрішньорядової зв'язаності** (автокореляції), коли значення гідрологічної величини в певний момент часу залежить від її значень у попередні моменти. Це явище порушує фундаментальний принцип випадковості незалежних спостережень, що призводить до зменшення об'єму незалежної інформації в гідрологічних рядах і вимагає застосування спеціальних статистичних методів для її врахування.

Незважаючи на ці особливості, основною задачею гідрологічних розрахунків залишається визначення величини стоку із заданими ймовірними характеристиками. Для досягнення цієї мети необхідно підібрати такий теоретичний закон розподілу ймовірностей, який би найкращим чином апроксимував емпіричний розподіл гідрологічних даних і спирався на надійно визначені статистичні параметри, необхідні для практичного застосування цього закону в інженерних розрахунках [22].

Світовий досвід гідрологічних досліджень показує, що при розрахунках стоку найбільш оптимальними для практичного застосування є теоретичні закони розподілу, які описуються невеликою кількістю статистичних параметрів – зазвичай двома або трьома, такими як математичне сподівання

(середнє значення), дисперсія (міра розсіювання), коефіцієнт варіації (відносна міра розсіювання) та коефіцієнт асиметрії (міра скошеності розподілу).

При визначенні статистичних параметрів розподілу висуваються певні **вимоги до їх статистичних оцінок**:

1) Незміщеність: статистична оцінка повинна в середньому давати істинне значення параметра незалежно від тривалості вихідного ряду. Центр розподілу статистичної характеристики має співпадати з її дійсним значенням.

2) Спроможність: оцінка повинна наближатися до істинного значення параметра при збільшенні обсягу вибірки. Математично це означає, що дисперсія оцінки повинна прямувати до нуля при необмеженому зростанні кількості спостережень.

3) Ефективність: серед усіх можливих незміщених оцінок даного параметра слід обирати ту, яка має найменшу дисперсію. Менша дисперсія оцінки означає меншу ймовірність отримання грубої помилки при визначенні наближеного значення параметра.

У практиці гідрологічних досліджень для визначення статистичних параметрів рядів різних гідрологічних характеристик найбільш поширеними є наступні **методи**:

Метод моментів полягає у прирівнюванні теоретичних моментів розподілу до відповідних емпіричних моментів, обчислених за вибіркою, та розв'язанні отриманої системи рівнянь відносно невідомих параметрів розподілу.

Основні особливості застосування методу моментів для розрахунку статистичних параметрів [20, 22]:

1) моментні оцінки параметрів:

$\bar{x}$ – середнє арифметичне значення випадкової величини, а $\alpha_1 = m_x$ – математичне сподівання випадкової величини

$$\alpha_1 = \bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i ; \qquad (3.1)$$

D_x - дисперсія - другий центральний момент характеризує розсіювання випадкової величини відносно середнього

$$\beta_2 = \sum_{i=1}^{n} (x_i - m_x)^2 p_i = D_x; \tag{3.2}$$

σ_x - квадратний корінь дисперсії називається середнім квадратним відхиленням

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}}; \tag{3.3}$$

C_v - коефіцієнта варіації

$$C_v = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (k_i - 1)^2}{(n-1)}}, \tag{3.4}$$

де $k_i = x_i / \bar{x}$ – модульний коефіцієнт;

C_s - коефіцієнтом асиметрії

$$C_s = \left[n \sum_{i=1}^{n} (k_i - 1)^3 \right] \Big/ \left[(n-1)(n-2) C_v^3 \right] \tag{3.5}$$

не залежать від закону розподілу;

2) емпіричне математичне сподівання є *незміщеною* і спроможною оцінкою математичного сподівання;

3) оцінки дисперсії і коефіцієнта асиметрії *зміщені*;

4) ефективність моментних оцінок часто невисока, тому вони не є кращими.

Все це дозволяє зробити висновок, що застосування метода моментів у розрахунках стоку повинно бути обмеженим і у деяких випадках замінено на методи, що дають оцінки більшої ефективності.

Метод найбільшої правдоподібності передбачає знаходження таких значень параметрів розподілу, за яких функція правдоподібності, що відображає ймовірність отримання наявної вибірки, досягає свого максимуму [20, 22].

Метод найбільшої правдоподібності доцільно застосовувати для визначення статистичних параметрів, коли використовується крива трипараметричного гама-розподілу, а $C_v > 0{,}5$. При $C_v < 0{,}5$ методи найбільшої правдоподібності та моментів практично мають майже однакові результати.

Метод найбільшої правдоподібності має низку вагомих переваг:

1) Якщо для певного параметра існує найбільш ефективна оцінка (тобто оцінка з найменшою можливою дисперсією серед усіх незміщених оцінок), то метод найбільшої правдоподібності гарантує її отримання як єдиний розв'язок рівняння правдоподібності.

2) Статистичні параметри, отримані на основі методу найбільшої правдоподібності, враховують всю наявну інформацію про досліджувані параметри, що міститься у вибірці, що дозволяє максимально ефективно використовувати наявні дані для отримання найбільш точних оцінок.

3) Статистичні оцінки, отримані методом найбільшої правдоподібності, завжди є спроможними, тобто вони збігаються за ймовірністю до істинного значення параметра при необмеженому збільшенні обсягу вибірки.

Однак, поряд з цими значними перевагами, метод найбільшої правдоподібності має і певні обмеження:

1) Формули для оцінки статистичних параметрів методом найбільшої правдоподібності є специфічними для кожного конкретного закону розподілу

досліджуваної величини, а отже залежить від закону розподілу. Оскільки в багатьох практичних випадках закон розподілу визначається на основі тих самих статистичних характеристик, це може створювати певне коло залежностей та вносити елемент невизначеності в розрахункову схему методу.

2) Нерідко розрахунки за методом найбільшої правдоподібності є значно трудомісткими та вимагають застосування складного математичного апарату, особливо для багатопараметричних розподілів або складних функцій правдоподібності. Проте, для деяких часто використовуваних розподілів, таких як гама-розподіл та закон розподілу Крицького-Менкеля, були розроблені спеціалізовані таблиці та номограми, що істотно спрощує практичне застосування методу та зменшує обчислювальні зусилля. З розвитком обчислювальної техніки ця проблема частково нівелюється завдяки можливості використання чисельних методів оптимізації для знаходження максимуму функції правдоподібності.

Таким чином, метод найбільшої правдоподібності є ефективним інструментом для оцінки статистичних параметрів, проте його застосування вимагає уважного врахування особливостей досліджуваних даних та потенційних обчислювальних труднощів.

Метод квантилів (графо-аналітичний метод) використовує емпіричну функцію розподілу, побудовану на основі впорядкованих значень вибірки, для графічного визначення квантилів певних рівнів ймовірності, які потім використовуються для оцінки параметрів теоретичного розподілу.

Цей підхід до оцінки статистичних параметрів ґрунтується на встановленні взаємозв'язку між вибірковими параметрами та відповідними квантилями розподілу. У гідрологічних дослідженнях широке застосування знайшов графо-аналітичний варіант методу квантилів (розроблений Г.А. Алексєєвим у 1960 році).

Суть цього методу полягає у спільному використанні емпіричної кривої забезпеченостей, побудованої на основі наявних спостережень, та обраного аналітичного (теоретичного) закону розподілу. Ключовим при його

застосуванні є припущення про збіжність теоретичної кривої розподілу з емпіричною хоча б у трьох характерних точках.

Для опису розподілу гідрологічної величини, наприклад, річкового стоку, використовується **закон розподілу Пірсона III**. У цьому контексті графо-аналітичний метод квантилів дозволяє визначити параметри цього розподілу, спираючись на візуальне та аналітичне зіставлення емпіричної та теоретичної кривих забезпеченостей у вибраних характерних точках [21].

Для отримання більшого наближення емпіричних оцінок забезпеченості до теоретичного їх значення запропонована С.М. Крицьким і М.Ф. Менкелем

$$P_m = \frac{m}{n+1} \cdot 100\%; \tag{3.6}$$

де m – порядковий номер у ранжованому (від найбільшого до найменшого) статистичному ряді, що складається з n членів.

На відповідній клітчатці ймовірностей з графіку емпіричної кривої забезпеченості знімаються величини стоку в характерних (контрольних) точках з забезпеченістю 5, 50 та 95 відсотків (%). Відповідно до теоретичного закону розподілу Пірсона III для випадкової величини надаються нормовані відхилення Φ, що залежать від забезпеченості P і коефіцієнтів асиметрії C_s. Для визначення коефіцієнта асиметрії використовується коефіцієнт скісності S

$$S = \frac{x_5 + x_{95} - 2x_{50}}{x_5 - x_{95}}. \tag{3.7}$$

Якщо коефіцієнт скісності S від'ємний, то у таких випадках ординати кривої забезпеченості Пірсона III беруться з протилежним знаком.

Кожен з цих методів має свої переваги та недоліки, а їх вибір залежить від конкретних характеристик гідрологічних даних та поставленої задачі дослідження [21, 22].

Кожен з розглянутих методів оцінки статистичних параметрів – метод моментів, метод найбільшої правдоподібності та метод квантилів – має свій набір переваг і недоліків, які слід ретельно зважувати при їх застосуванні. Оптимальний вибір методу безпосередньо залежить від вибірки наявних характеристик гідрологічних даних, таких як її обсяг, наявність пропусків, ступінь однорідності, наявність автокореляції, а також від конкретної мети дослідження та вимог до точності отримуваних оцінок.

Отже, метод моментів є відносно простим в обчисленні, але його ефективність може бути нижчою порівняно з методом найбільшої правдоподібності, особливо для невеликих вибірок або складних розподілів. Метод найбільшої правдоподібності, хоча й теоретично обґрунтований та часто забезпечує асимптотично ефективні оцінки, може бути обчислювально складним і залежить від правильності вибору закону розподілу. Графо-аналітичний метод квантилів є зручним для візуалізації та може бути корисним при роботі з неповними даними, але його точність значною мірою залежить від якості побудови емпіричної кривої забезпеченостей та об’єму обраних характерних точок.

Таким чином, вибір методу вимагає глибокого розуміння статистичних властивостей кожного підходу, особливостей гідрологічних процесів та ретельного аналізу наявних даних. У деяких випадках може бути доцільним порівняння результатів, отриманих різними методами, для оцінки їхньої стійкості та надійності. Крім того, сучасні статистичні пакети та програмне забезпечення значно полегшують застосування складних методів та проведення необхідного аналізу.

Саме тому при дослідженні статистичних параметрів часових рядів спостереження дощових паводків гірської частини басейну Дністра використано програмний комплекс StokStat.

3.2. Оцінка точності вихідних даних

Статистичні характеристики, обчислені на основі обмеженої вибірки даних, прийнято називати вибірковими оцінками статистичних параметрів. Важливо розуміти, що значення цих вибіркових оцінок неминуче відрізняються від істинних значень відповідних параметрів, що характеризують усю генеральну сукупність досліджуваного явища чи процесу. Ця розбіжність є наслідком випадковості вибірки та обмеженості обсягу даних [22].

Для того, щоб вибіркові оцінки могли з достатньою мірою вірогідності відображати властивості генеральної сукупності та використовуватися для прийняття обґрунтованих рішень, вони повинні відповідати певним ключовим вимогам якості, серед яких найважливішими є незміщеність та ефективність.

Незміщеність означає, що математичне сподівання (середнє значення) вибіркової оцінки має дорівнювати істинному значенню параметра генеральної сукупності. Іншими словами, якщо ми проведемо велику кількість незалежних вибірок і для кожної обчислимо оцінку, то середнє значення цих оцінок наближатиметься до справжнього значення параметра.

Ефективність характеризує точність оцінки. Серед усіх можливих незміщених оцінок певного параметра ефективною вважається та, яка має найменшу дисперсію (міру розсіювання) навколо свого середнього значення. Ефективна оцінка забезпечує меншу ймовірність значної помилки при наближеному визначенні параметра генеральної сукупності на основі вибіркових даних.

Задоволення цим вимогам є важливим для забезпечення надійності статистичних висновків та прогнозування характеристик генеральної сукупності на основі аналізу вибіркових даних, особливо в таких галузях, як

гідрологія, де якість оцінок безпосередньо впливає на прийняття інженерних та управлінських рішень.

Мірою точності визначення параметрів статистичного розподілу є **середня квадратична похибка** $\sigma_{\bar{x}}$. З урахуванням наявності кореляційних зв'язків між суміжними членами стокових рядів маємо формулу вигляду

$$\sigma_{\bar{x}} = 100\, C_v/\sqrt{n}. \tag{3.8}$$

Стандартна похибки σ_{C_v} коефіцієнтів варіації C_v обчислюється за формулами

- метод моментів

$$\sigma_{C_v} = C_v\sqrt{(1+C_v^2)/(2n)} \tag{3.9}$$

- метод найбільшої правдоподібності

$$\sigma_{C_v} = \sqrt{3/\left[2n(3+C_v^2)\right]}. \tag{3.10}$$

Відносна середня квадратична похибка коефіцієнта асиметрії σ_{C_s} визначається за теоретичною формулою С.М. Крицького та М.Ф.Менкеля [88]

$$\sigma_{C_s} = \sqrt{\frac{6}{n}(1+6C_v^2+5C_v^4)}\ . \tag{3.11}$$

С.Н. Крицький та М.Ф. Менкель [88] розробили номограми для визначення відносної стандартної похибки квантилів трипараметричного гама-розподілу $\left(E_\sigma = \dfrac{\sigma_{Q_p\sqrt{n}}}{Q_p}\right)$ з закріпленими відношеннями $C_s = 2C_v, 3C_v, 4C_v$

$$\sigma = \frac{E_\delta}{\sqrt{n}} \cdot 100\%, \qquad (3.12)$$

де E_δ – визначається за відповідними номограмами [88].

Допустима похибка для екстремального (максимального) стоку не має перевищувати ±20% для визначення середнього значення та ±15% при визначенні коефіцієнта варіації [20].

3.3. Дослідження циклічності стокових рядів дощових паводків на річках гірської частини басейну Дністра

Дослідження циклічності у стокових рядах спостережень є важливим аспектом гідрологічного аналізу та прогнозування. Річковий стік не є випадковим процесом, а часто відображає певні періодичні коливання, зумовлені різноманітними природними та антропогенними факторами. Виявлення та аналіз цих циклів дозволяє краще розуміти закономірності формування водних ресурсів, прогнозувати майбутні зміни стоку та приймати обґрунтовані рішення у водогосподарській діяльності [23].

Багаторічні коливання кліматичних характеристик, таких як кількість опадів, температура повітря, сніговий покрив, сонячна активність, атмосферна циркуляція (наприклад, Північноатлантичне коливання), мають безпосередній вплив на формування стоку. Ці цикли можуть мати різну тривалість – від кількох років до десятиліть і навіть століть [24].

У багатьох регіонах спостерігається збільшення стоку навесні внаслідок танення снігу та льоду, а також у періоди випадання інтенсивних дощів. Влітку та взимку стік зазвичай зменшується.

Для виявлення та аналізу циклічності у стокових рядах спостережень застосовуються різноманітні статистичні та математичні методи.

Вивчення циклічності у коливаннях річного стоку певної річки може бути візуалізовано за допомогою **хронологічних графіків** (як показано на рис. 2.3), що відображають зміну величин стоку протягом року. Однак, такі календарні графіки зміни річних величин стоку не завжди забезпечують вичерпне розуміння циклічних закономірностей. Це пов'язано з тим, що на загальному тлі довготривалих коливань водності річки можуть накладатися менші за тривалістю цикли, що ускладнює їхню чітку ідентифікацію [20, 25].

З метою виявлення таких прихованих довготривалих циклів у стокових рядах ефективно використовуються методи згладжування або фільтрації часових рядів. Ці статистичні процедури дозволяють зменшити вплив випадкових коливань та підкреслити періодичні компоненти, що полегшує аналіз циклічності та прогнозування майбутніх змін стоку.

Для вивчення закономірностей коливань річкового стоку, зокрема виявлення довготривалих циклів, широко застосовується метод різницево-інтегральних кривих відхилень. Суть цього методу полягає у візуалізації накопичених відхилень річних величин стоку від їхнього середнього багаторічного значення [20, 22].

Побудова таких кривих здійснюється з використанням відносних величин стоку, які представляються у формі модульних коефіцієнтів. Кожен модульний коефіцієнт є результатом ділення фактичної річної величини стоку на його середнє багаторічне значення, що таким чином приймається за одиницю. Це дозволяє нівелювати абсолютні значення стоку та зосередитися на відносних змінах водності.

Процедура побудови полягає у послідовному підсумовуванні (інтегруванні) відхилень кожного річного модульного коефіцієнта від його середнього значення, тобто від одиниці. Для кожного року спостережень обчислюється різниця між модульним коефіцієнтом та одиницею. Отримані відхилення потім додаються до попередньої суми, утворюючи ряд точок, які при послідовному з'єднанні формують диференціальну інтегральну криву.

Тривала направленість кривої вверх вказують на періоди стійкої підвищеної водності, коли річковий стік систематично перевищує середнє багаторічне значення. Чим крутіший підйом, тим більшою є позитивне відхилення від середнього. І навпаки, тривалі направленість кривої униз свідчить про періоди стійкої зниженої водності, коли річковий стік тривалий час залишається нижчим за середнє багаторічне значення.

Періодичні коливання кривої з більш-менш однаковою амплітудою та тривалістю вказують на наявність циклічних компонентів у стоковому ряді. Довжина циклу може бути оцінена за відстанню між сусідніми піками або западинами кривої.

Проаналізуємо розраховані і побудовані різницево-інтегральні криві максимальних витрат води (рис. 3.1) та шарів стоку (рис. 3.2) дощових паводків на річках гірської частини басейну Дністра.

На рис. 3.1 чітко виділяються 2 водозбори р. Славська – с. Славське та р. Бистриця-Солотвинська – с. Гута, по яких з початку 1980-х років відмічається тривала маловодна фаза з нетривалими порушеннями роками більшої водності, а до цього від початку інструментальних спостережень була тривала багатоводна фаза з роками з низькою водністю, тобто без визначних паводків.

По інших водозборах цикли були менш тривалі і зміна фаз відбувалась частіше. З 2011 року настала маловодна фаза по всіх розглянутих водозборах.

На рис. 3.2 так само як і для максимальних витрат води для посту р. Бистриця-Солотвинська – с. Гута відмічається тривала маловодна фаза з середини 1980-х років, з багатоводним 2008 роком. По всіх інших водозборах фазу були менш тривалі і частіше змінювались. В окремі роки були випадки протифазних коливань водності на досліджених водозборах. Якщо ж дивитися на осереднену червону лінію, то можна відмітити маловодну фазу у період 2009-2018 рр., а з 2019 року відмічається незначне направленість вверх, що свідчить про можливе настання багатоводної фази водності в період дощових паводків.

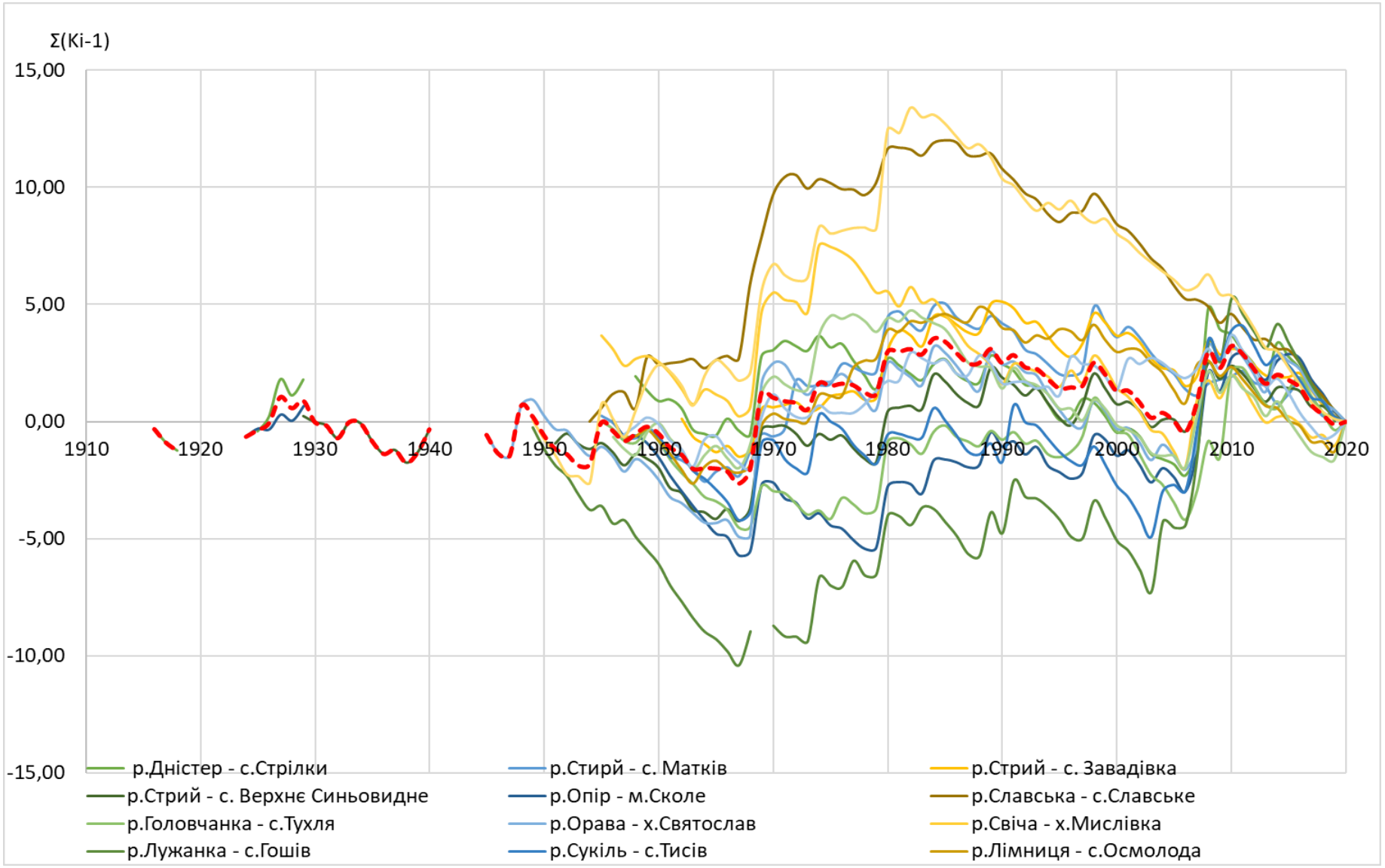


Рис.3.1. Суміщені різницево-інтегральні криві максимальних витрат води дощових паводків гірської частини басейну Дністра

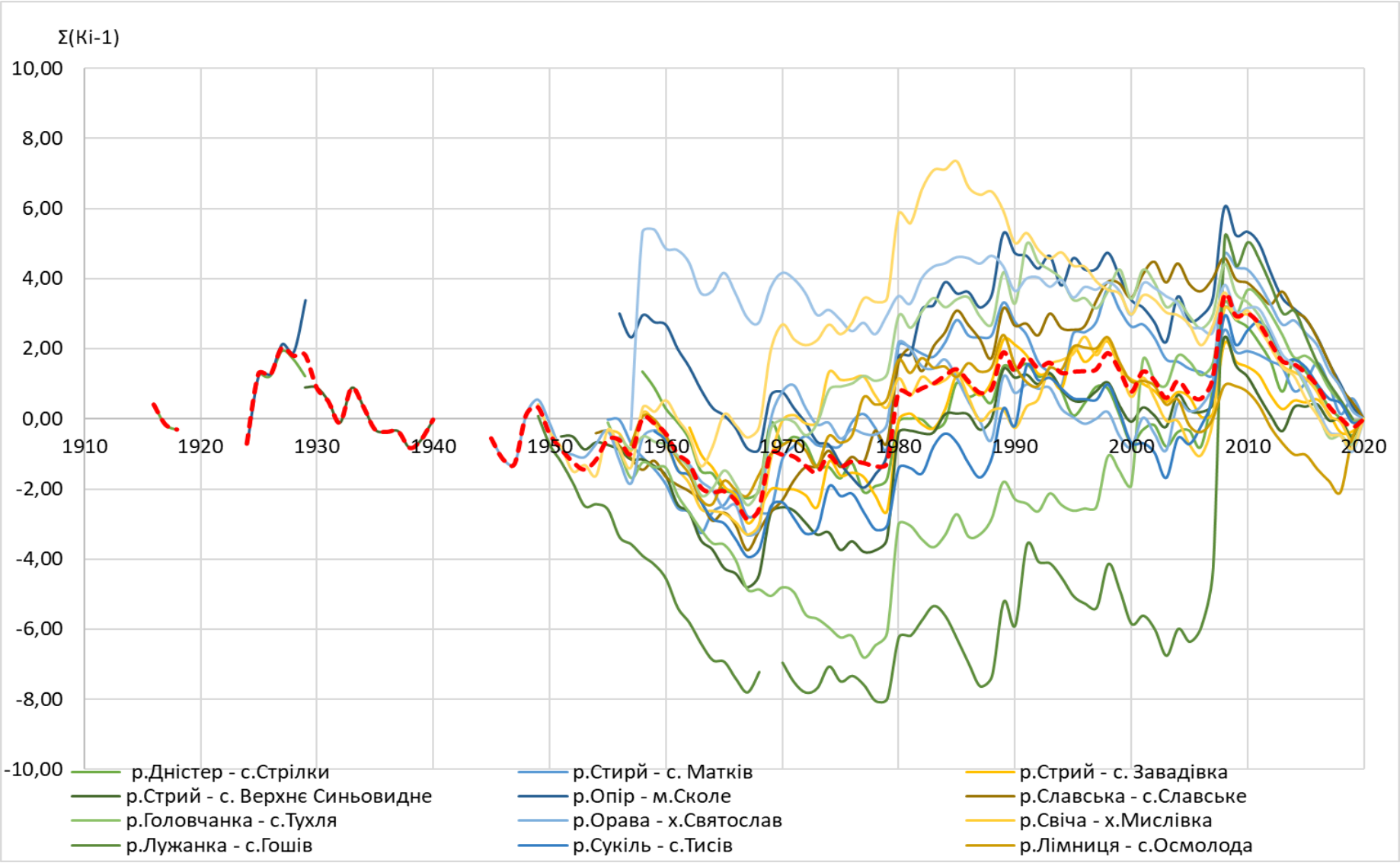


Рис.3.2. Суміщені різницево-інтегральні криві шарів стоку дощових паводків гірської частини басейну Дністра

3.4. Статистична оцінка характеристик часових рядів шарів стоку дощових паводків річок гірської частини Дністра

В роботі використана вибірка стокових даних за період проходження дощових паводків по 15 водозборах гірської частини Дністра, середня висота водозборів яких більше 600 м. Досліджувані водозбори мають значний діапазон площ від 76,3 км^2 (р. Славська – смт Славське) до 2400 км^2 (р. Стрій – смт Верхнє Синьовидне), періодами спостережень від 39 (р. Стрій - с. Завадівка) до 61 (р. Стрій – смт Верхнє Синьовидне) років.

Статистичний аналіз для визначення статистичних параметрів виконувався двома методами: моментів та найбільшої правдоподібності. Результати статистичної обробки часових рядів шарів стоку зведені у табл. 3.3.

Середній багаторічний шар стоку на річках гірської частини Дністра становить в середньому 58 мм, але по водозборах коливається від 33 мм (р. Дністер – с. Стрілки) на заході до 94 мм (р. Бистриця-Солотвинська - с. Гута) на сході. При цьому діапазон коливання C_v за методом моментів становить від 0,52 (р. Лімница - с. Омолода) до 1,07 (р. Лужанка - с. Гошів), а за методом найбільшої правдоподібності - від 0,52 до 1,09. Їх аналіз показав, що за методами моментів і найбільшої правдоподібності отримані практично однакові значення коефіцієнтів варіації (рис.3.5).

Ця обставина вельми важлива, оскільки в рівній мірі дозволяє при розрахунках характеристик паводкового стоку використовувати як моментні оцінки C_v, так і найбільшої правдоподібності.

Коефіцієнт асиметрії C_s нормований по його співвідношенню з C_v та для досліджувано території прийнято співвідношення C_s/C_v рівним 3,0 за методом моментів та 3,5 за методом найбільшої правдоподібності.

Використовуючи визначені статистичні параметри, було проведено розрахунок шарів паводкового стоку для заданої опорної забезпеченості (див. табл. 3.2).

Таблиця 3.1

Статистичні параметри часових рядів спостереження шарів стоку дощових паводків на річках гірської частини басейну Дністра

№ за/п	Річка - пост	F, км²	n, років	Y, мм	Метод моментів				Метод найбільшої правдоподібності			σ
					Cv	Cs	r(1)	Cs/Cv	Cv	Cs	Cs/Cv	
1	Дністер -с.Стрілки	384	73	33	0,66	1,51	0,048	2,3	0,66	1,67	2,5	7,8
2	Стрий - с.Матків	106	66	54	0,64	1,98	-0,052	3,1	0,64	2,33	3,7	7,9
3	Стрий - с. Завадівка	740	59	52	0,63	2,08	-0,035	3,3	0,63	2,51	4	8,2
4	Стрий – смт Верхнє Синьовидне	2400	82	44	0,61	2,29	0,022	3,7	0,62	2,70	4,3	6,9
5	Опір - м. Сколе	733	71	50	0,79	1,74	0,017	2,2	0,80	1,97	2,5	9,4
6	Славська – смт Славське	76,3	67	39	0,56	1,32	-0,037	2,4	0,56	1,44	2,6	6,8
7	Головчанка - с.Тухля	130	66	49	0,77	2,77	-0,024	3,6	0,81	3,56	4,4	9,9
8	Орява - х.Святослав	204	76	42	0,82	2,46	0,112	3	0,83	2,99	3,6	9,5
9	Свіча - х. Мислівка	201	66	72	0,69	2,04	0,165	2,9	0,72	2,48	3,5	8,8
10	Лужанка - с. Гошів	146	70	66	1,07	4,49	0,078	4,2	1,09	6,76	6,2	13,0
11	Сукіль - с.Тисів	138	62	70	0,67	1,43	0,032	2,1	0,68	1,59	2,3	8,6
12	Лімница - с. Омолода	203	64	74	0,52	0,78	0,042	1,5	0,52	0,81	1,5	6,5
13	Чечва - с.Спас	269	65	73	0,63	1,13	-0,095	1,8	0,63	1,21	1,9	7,9
14	Бистриця-Надвірнянська - с. Пасічна	482	64	64	0,85	4,79	-0,021	5,6	0,90	7,67	8,5	11,2
15	Бистриця-Солотвинська - с. Гута	112	72	94	0,66	1,53	0,025	2,3	0,66	1,69	2,6	7,8
	Середнє							2,9			3,6	

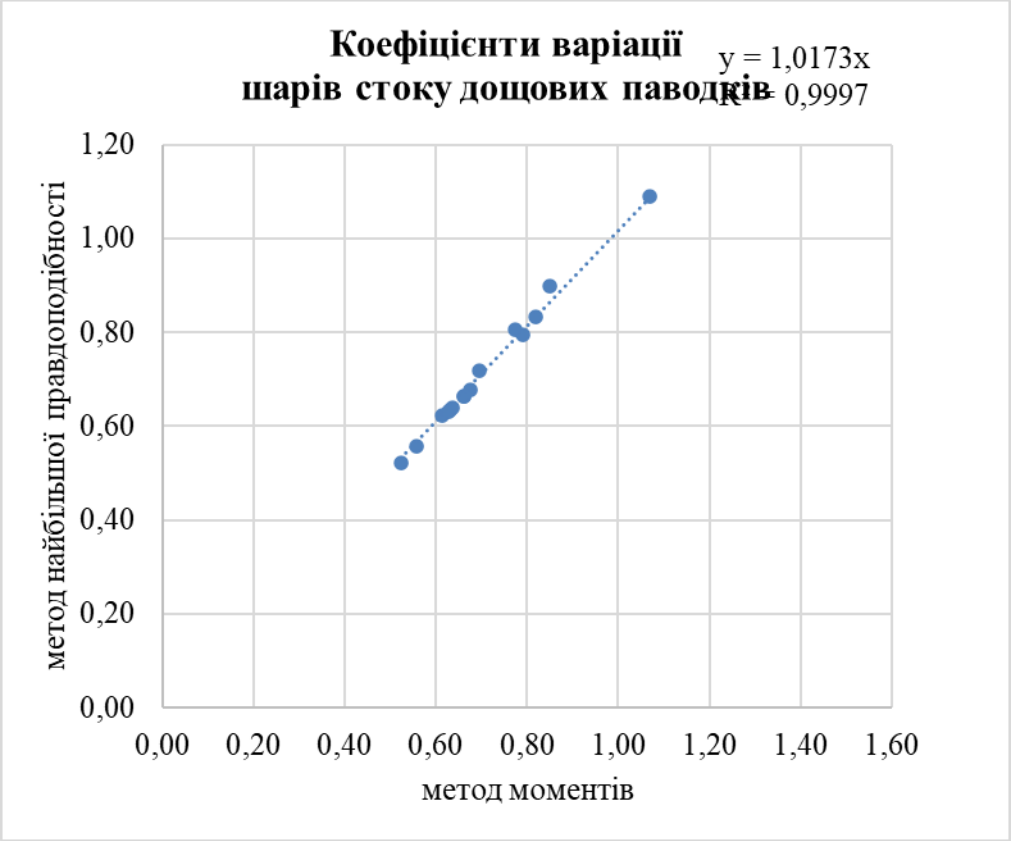


Рис. 3.3. Порівняння коефіцієнтів варіації часових рядів шарів стоку дощових паводків гірської частини Дністра, отриманих за допомогою методів моментів та найбільшої правдоподібності

Шари стоку дощових паводків 1% забезпеченості визначені за методами моментів та найбільшої правдоподібності змінюються по водозборах від 108-110 мм на заході до 344-354 мм на сході.

Аналіз рис. 3.4 показує, що значення шарів стоку, обчислені за допомогою обох методів - моментів та найбільшої правдоподібності - розташовуються вздовж лінії рівних значень з відносно невеликою розбіжністю, що не перевищує ±3,4%.

Однак для подальшої оцінки обрані характеристики за методом моментів оскільки вони більше збігаються з даними, визначеними за кривими розподілу.

Похибка вихідної інформації по шарах стоку дощових паводків гірської частини Дністра становить 8,7% по рядах по 2020 рік, включно.

Таблиця 3.2

Визначення шарів стоку дощових паводків 1%-ої забезпеченості (при C_s/C_v = 3,0 – метод моментів та 3,5 – метод найбільшої правдоподібності)

№ за/п	Річка - пост	F, км²	Y, мм	Метод моментів		Метод найбільшої правдоподібності	
				$k_{1\%}$	$Y_{1\%}$, мм	$k_{1\%}$	$Y_{1\%}$, мм
1	Дністер -с.Стрілки	384	33	3,31	108	3,38	110
2	Стрий - с.Матків	106	54	3,23	174	3,3	178
3	Стрий - с. Завадівка	740	52	3,19	165	3,26	168
4	Стрий – смт Верхнє Синьовидне	2400	44	3,11	137	3,21	142
5	Опір - м. Сколе	733	50	3,96	198	4,00	200
6	Славська – смт Славське	76,3	39	2,89	112	2,96	115
7	Головчанка - с.Тухля	130	49	3,79	186	4,05	198
8	Орява - х.Святослав	204	42	4,05	170	4,14	174
9	Свіча - х. Мислівка	201	72	3,43	248	3,65	264
10	Лужанка - с. Гошів	146	66	5,19	344	5,33	354
11	Сукіль - с.Тисів	138	70	3,35	236	3,47	244
12	Лімница - с. Омолода	203	74	2,74	202	2,79	206
13	Чечва - с.Спас	269	73	3,19	234	3,26	239
14	Бистриця-Надвірнянська - с. Пасічна	482	64	4,18	267	4,45	284
15	Бистриця-Солотвинська - с. Гута	112	94	3,31	310	3,38	316

3.5. Статистична оцінка характеристик часових рядів максимальних витрат води дощових паводків на річках гірської частини басейну Дністра

Статистична оцінка характеристик вибірки даних виконувався за тією ж самою схемою, що й шарів стоку, а саме визначені: середні значення максимальних витрат води $\overline{Q_m}$, коефіцієнти варіації C_v та співвідношення C_s/C_v. Результати розрахунків по рядах спостережень по 2020 рік наведені у табл.3.3.

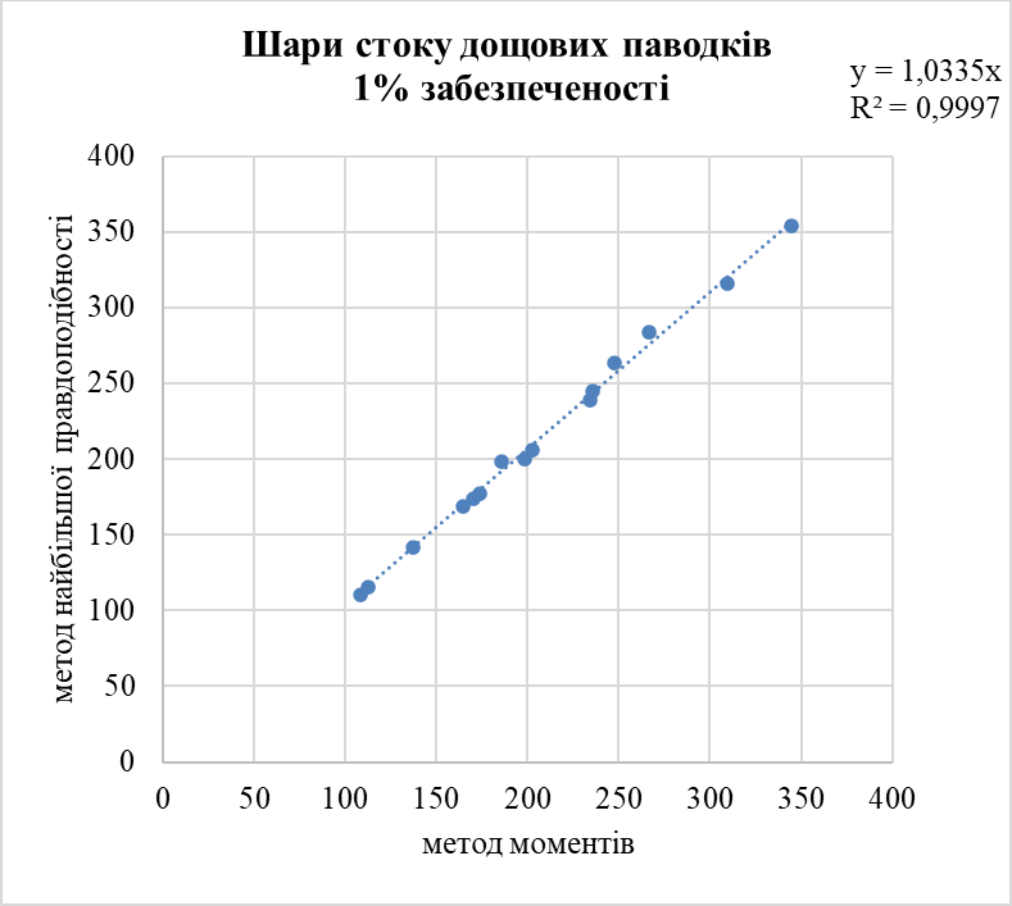


Рис. 3.4. Порівняння розрахункових шарів стоку дощових паводків 1 % забезпеченості на річках гірської частини Дністра, отриманих за допомогою методів моментів та найбільшої правдоподібності

Середня багаторічна витрата води максимального стоку дощових паводків на річках гірської частини Дністра характеризується від 23,1 м³/с (водозбір р. Славська – смт Славське) до 600 м³/с (водозбір р. Стрий – смт Верхнє Синьовидне). А модуль стоку 1% забезпеченості (табл. 3.4) за методом найбільшої правдоподібності становить від 0,91 м³/(с·км^2) на р. Стрий – смт Верхнє Синьовидне до 3,32 м³/(с·км^2) на р. Бистриця-Солотвинська - с. Гута.

Таблиця 3.3

Статистичні параметри часових рядів спостереження максимальних витрат води дощових паводків на річках гірської частини басейну Дністра

№ за/п	Річка - пост	F, км²	n, років	Q_{max}, м³/с	Метод моментів				Метод найбільшої правдоподібності			q_{max}, м³/(с·км²)	σq
					Cv	Cs	r(1)	Cs/Cv	Cv	Cs	Cs/Cv		
1	Дністер -с.Стрілки	384	73	102	1,02	3,64	0,031	3,6	1,09	5,02	4,6	0,27	12,7
2	Стрий - с.Матків	106	66	36,1	0,68	1,99	0,069	2,9	0,69	2,34	3,4	0,34	8,4
3	Стрий - с. Завадівка	740	59	232	0,62	1,52	0,165	2,4	0,63	1,77	2,8	0,31	8,2
4	Стрий – смт Верхнє Синьовидне	2400	82	600	0,72	2,07	0,029	2,9	0,73	2,39	3,3	0,25	8,0
5	Опір - м. Сколе	733	71	251	0,87	2,06	0,077	2,4	0,87	2,41	2,8	0,34	10,4
6	Славська – смт Славське	76,3	67	23,1	0,74	2,18	0,383	2,9	0,77	2,68	3,5	0,30	9,4
7	Головчанка - с.Тухля	130	66	41,7	0,87	2,19	0,068	2,5	0,89	2,63	3	0,32	11,0
8	Орява - х.Святослав	204	76	65,2	1,13	3,59	0,077	3,2	1,18	4,88	4,1	0,32	13,5
9	Свіча - х. Мислівка	201	66	88,7	1,01	2,49	0,027	2,5	1,02	3,11	3	0,44	12,5
10	Лужанка - с. Гошів	146	70	80,6	1,19	2,10	0,039	1,8	1,21	2,49	2	0,55	14,5
11	Сукіль - с.Тисів	138	62	83,1	1,03	2,03	0,086	2	1,05	2,43	2,3	0,60	13,3
12	Лімница - с. Омолода	203	64	66,2	0,58	1,13	0,087	2	0,58	1,21	2,1	0,33	7,2
13	Чечва - с.Спас	269	65	138	0,78	1,47	0,168	1,9	0,79	1,67	2,1	0,51	9,8
14	Бистриця-Надвірнянська - с. Пасічна	482	64	182	0,66	1,16	-0,046	1,8	0,66	1,24	1,9	0,38	8,3
15	Бистриця-Солотвинська - с. Гута	112	72	76,4	0,97	2,60	0,111	2,7	1,00	3,24	3,2	0,68	11,8
	Середнє							2,5			2,9		10,6

Таблиця 3.4

Визначення максимальних модулів стоку дощових паводків 1%-ої забезпеченості на річках гірської частини Дністра при C_s/C_v = 3,0

№ за/п	Річка - пост	F, км²	n, років	q_{max}, м³/(с·км²)	Метод найбільшої правдоподібності	
					$k_{1\%}$	$q_{1\%}$, м³/(с·км²)
1	Дністер -с.Стрілки	384	73	0,27	5,28	1,41
2	Стрий - с.Матків	106	66	0,34	3,43	1,17
3	Стрий - с. Завадівка	740	59	0,31	3,19	1,00
4	Стрий – смт Верхнє Синьовидне	2400	82	0,25	3,63	0,91
5	Опір - м. Сколе	733	71	0,34	4,27	1,46
6	Славська – смт Славське	76,3	67	0,30	3,79	1,15
7	Головчанка - с.Тухля	130	66	0,32	4,36	1,40
8	Орява - х.Святослав	204	76	0,32	5,71	1,82
9	Свіча - х. Мислівка	201	66	0,44	4,96	2,19
10	Лужанка - с. Гошів	146	70	0,55	5,84	3,22
11	Сукіль - с.Тисів	138	62	0,60	5,1	3,07
12	Лімница - с. Омолода	203	64	0,33	2,96	0,97
13	Чечва - с.Спас	269	65	0,51	3,88	2,00
14	Бистриця-Надвірнянська - с. Пасічна	482	64	0,38	3,31	1,25
15	Бистриця-Солотвинська - с. Гута	112	72	0,68	4,87	3,32

Коефіцієнт варіації C_v за методом найбільшої правдоподібності змінюється від 0,58 (р. Лімница - с. Омолода) до 1,21 (р. Лужанка - с. Гошів). Розраховані значення коефіцієнтів варіації часових рядів максимальних витрат води дощових паводків (рис. 3.5) за методами моментів та найбільшої правдоподібності знаходяться на лінії рівних значень з розбіжністю ±2,4%. При розрахунках максимальних витрат води різної ймовірності перевищення за кривою трипараметричного гама-розподілу використовалися індивідуальні оцінки C_v та нормоване значення $C_s/C_v = 3{,}0$.

Похибка вихідної інформації для максимальних витрат води дощових паводків річок гірської частини Дністра становить 10,6%.

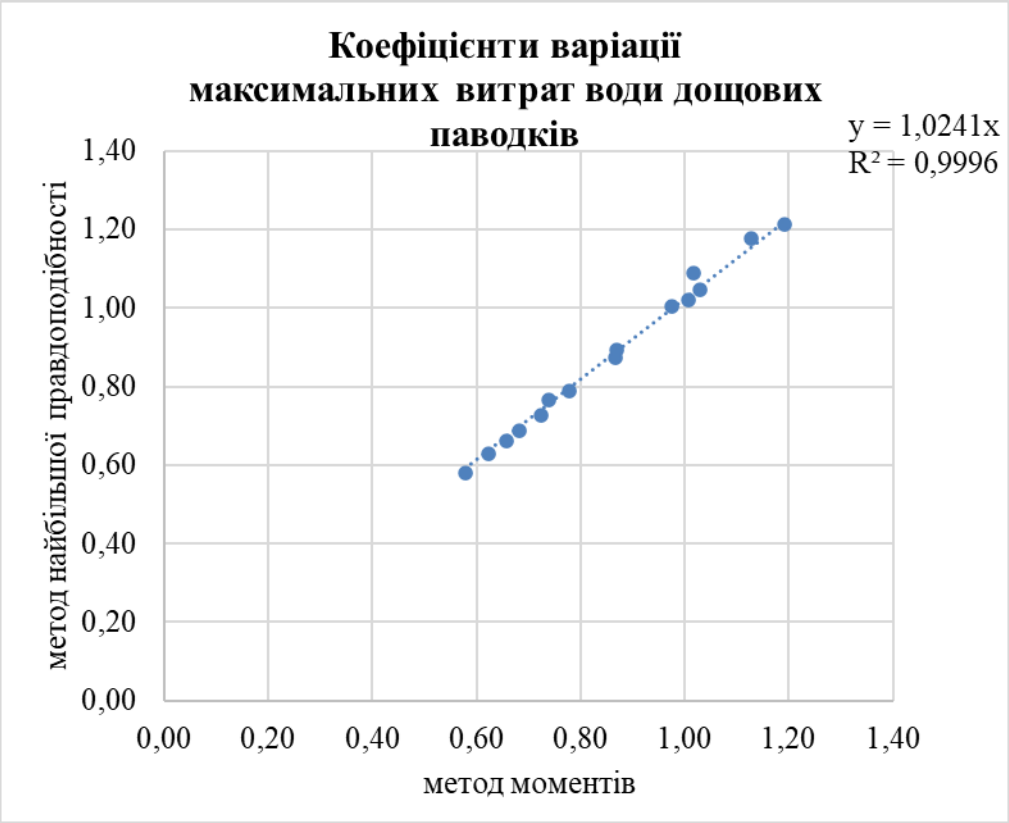


Рис. 3.5. Порівняння коефіцієнтів варіації часових рядів максимальних витрат води дощових паводків гірської частини Дністра, отриманих за допомогою методів моментів та найбільшої правдоподібності

3.6. Тривалість дощових паводків на річках гірської частини басейну Дністра

Ще однією характеристикою дощових паводків є їх тривалість, яка є досить мінливою і залежить від багатьох факторів. Короткочасні, але дуже інтенсивні зливи можуть викликати швидкі, але нетривалі паводки, а тривалі затяжні дощі призводять до більш тривалих паводків. Також має значення крутизна схилів, лісистість, водопроникність ґрунтів та гірських порід.

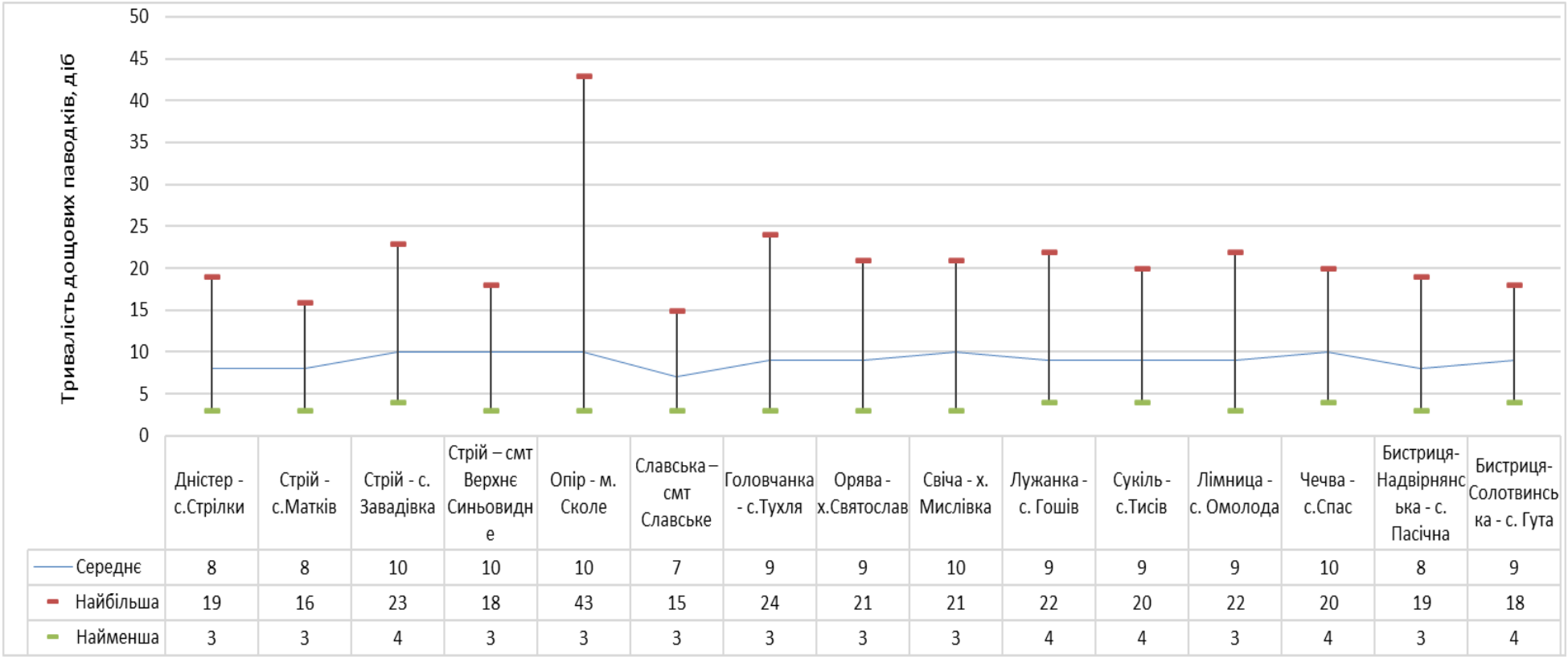
При оцінці тривалості дощових паводків окремо визначають тривалість підйому та спаду, а також загальну тривалість. Якщо тривалість підйому

паводкової хвилі і настання піку триває від 1 до 3 діб, то такі паводки частіш за все викликаються раптовими сильними зливами, а якщо підйом формуються внаслідок тривалих дощів або серії дощів протягом кількох днів, то його тривалість може сягати 4-7 діб і більше.

На досліджуваних водозборах середня багаторічна тривалість дощових паводків коливається від 7-8 діб до 10 діб. На рис. 3.6 приведено аналіз найбільшої та найменшої тривалості паводків по всіх водозборах. Як можемо бачити, що найменша тривалість паводків це 3-4 доби, а найбільша має досить великий діапазон 15 діб (два тижні) до 43 діб (півтора місяця) - це був паводок 1982 року на р. Опір – м. Сколе. Розпочалося підняття рівнів води 13.06 (передпаводкова витрата води 5,20 м³/с), а закінчився 26.07, при цьому найбільша стокова витрата зафіксована 11.07 (230 м³/с).

Висновки до розділу: Статистична обробка часових рядів спостереження по шарах стоку та максимальних витратах води дощових паводків виконувалася методом моментів та методом найбільшої правдоподібності, які дають практично однакові значення статистичних параметрів стоку. Для подальшого аналізу та розрахунків були використані оцінки статистичних параметрів отриманих за методом найбільшої правдоподібності по-перше, відповідно рекомендацій при $C_v \geq 0{,}5$, а по-друге, що ці характеристики більше збігаються з даними отриманими за емпіричними кривими розподілу.

Середньоквадратична похибка вихідної інформації по максимальному стоку дощових паводків на річках гірської частини Дністра (водозбори яких мають середню висоту більше 600 м) становить: 10,6% - для максимальних витрат води та 8,7% - для шарів стоку.



	Дністер - с.Стрілки	Стрій - с.Матків	Стрій - с. Завадівка	Стрій – смт Верхнє Синьовидне	Опір - м. Сколе	Славська – смт Славське	Головчанка - с.Тухля	Орява - х.Святослав	Свіча - х. Мислівка	Лужанка - с. Гошів	Сукіль - с.Тисів	Лімница - с. Омолода	Чечва - с.Спас	Бистриця-Надвірнянська - с. Пасічна	Бистриця-Солотвинська - с. Гута
Середнє	8	8	10	10	10	7	9	9	10	9	9	9	10	8	9
Найбільша	19	16	23	18	43	15	24	21	21	22	20	22	20	19	18
Найменша	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	4	3	4	3	4

Рис. 3.6. Тривалість паводків на річках гірської частини басейну Дністра за багаторічний період спостереження

ВИСНОВКИ

Основна мета кваліфікаційна робота магістра на тему «Оцінка характеристик дощових паводків гірської частини басейну р. Дністер» досягнута, а саме проаналізовано та оцінені статистичні характеристики максимального стоку дощових паводків на річках гірської частини басейну р. Дністер та визначені особливості просторово-часової мінливості у стокових рядах максимальних витрат води та шарів стоку за багаторічний період. За результатами поставлених завдань можна зробити наступні висновки:

1) Гірська частина басейну річки Дністер є складним фізико-географічним утворенням, де різноманітність рельєфу, геологічної будови, сприятливі кліматичні умови для поверхневого стоку, густа річкова мережа та висотна поясність ландшафтів відіграють ключову роль у формуванні гідрологічного режиму, особливо під час дощових паводків. Кількість опадів та температурний режим є важливими факторами, що визначають інтенсивність паводкових явищ.

2) Водний режим досліджуваних водозборів характеризується паводковим типом живлення з переважанням дощової складової. Протягом року стік розподіляється нерівномірно, а висока щільність гідрографічної мережі сприяє швидкому формуванню паводків. Наявність Карпатського гірського масиву створює умови для інтенсивного випадання опадів, що в останні роки призвело до почастішання екстремальних підйомів рівнів води, спричиняючи значні збитки. Аналіз типового гідрографа та гідрографа 2020 року підтверджує інтенсивність літнього паводку.

3) Статистична обробка даних про шари стоку та максимальні витрати води дощових паводків показала, що методи моментів та найбільшої правдоподібності дають схожі результати. Для подальшого аналізу обрано оцінки, отримані методом найбільшої правдоподібності, як більш відповідні для умов досліджуваного регіону. Середньоквадратична похибка вихідної інформації для максимального стоку дощових паводків на річках гірської

частини Дністра становить 10,6% для максимальних витрат води та 8,7% для шарів стоку, що відображає певну мінливість характеристик паводків у регіоні.

4) Розуміння особливостей формування паводкового стоку сприятиме більш ефективному управлінню водними ресурсами в регіоні, особливо в контексті зростаючої частоти екстремальних гідрологічних явищ.

5) Отримані результати є важливими для органів цивільного захисту при плануванні заходів з ліквідації наслідків паводків та наданні допомоги постраждалому населенню та можуть слугувати основою для подальших наукових розробок у галузі гідрології гірських територій, зокрема для вивчення впливу змін клімату на паводковий режим річок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гопченко Є.Д., Гопцій М.В. Максимальний стік дощових паводків у Передкарпатті : монографія. Одеськ. держ-ний екол-ний ун-т, Одеса: ТЕС, 2015. 128 с.

2. Коротун І.М. Природні ресурси України: навчальний посібник. / І.М. Коротун, Л.К. Коротун, С.І. Коротун. Київ : видавництво Київського університету, 1968. 684с.

3. Природа України. Географічні карти України. URL: http://geomap.land.kiev.ua/ (дата звернення 20.03.2025).

4. Природа Українських Карпат / за ред. К.І. Геренчука. Львів, 1968. 266 с.

5. Загальна гідрологія. Підручник / С.С. Левківський, В.К. Хільчевський, О.Г. Ободовський та ін. Київ : Фітосоціоцентр. 2000. 264 с.

6. Загальна гідрологія: Підручник. / за ред. В.К. Хільчевського і О.Г. Ободовського. Київ : ВПЦ «Київський університет». 2008. 399 с.

7. Клімат України / за ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ : Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.

8. Мудра К. В. Основні характеристики водного режиму річок басейну Дністра в умовах змін клімату: автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 11.00.07 / Мудра Катерина Володимирівна ; Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка. Київ, 2019. 21 с.

9. Кліматичний кадастр України: стандартні кліматичні норми за період 1961-1990 рр. Київ : ЦГО, 2006. 446 с.

10. Овчарук В.А., Гопченко Є.Д., Траскова А.В. Нормування характеристик максимального стоку весняного водопілля в басейні річки Дністер : монографія / Одеськ. держ. екол-ний ун-т. Харків : ФОП Панов А.М., 2017. 252 с.

11. Вишневський В. І., Косовець О. О. Гідрологічні характеристики річок України. Київ: Нікацентр, 2003. 324 с.

12. Водний кодекс України. Відомості Верховної Ради України. 1995. №24, ст.189.

13. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). Київ : Ніка-Центр, 2010. 316 с.

14. Кирилюк М.І. Водний баланс і якісний стан водних ресурсів Українських Карпат : навч. посіб. Чернівці : Рута, 2001. 246 с.

15. Гончар О.М. Загальний аналіз гідрологічного режиму річок у басейні Дністра. Науковий вісник Чернівецького університету: збірник наукових праць. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т. Вип. 553-554: Географія. 2011. С. 83-87.

16. Лук'янець О.І. Досвід оцінювання водності карпатських річок на наступні періоди. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2000. №1. С.206-209.

17. Екстремальні гідрологічні явища: паводки і посухи на території гірських регіонів України : монографія / за ред. Є.Д. Гопченка ; Одеськ. держ. екол-ний ун-т. Одеса : ТЕС, 2018. 324 с.

18. Сусідко М.М. Приймаченко Н.В. Особливості формування дощових паводків у басейні Дністра Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. Київ. 2009. С.76-79.

19. Сусідко М. М., Полякова С. О., Щербак А. В. Каталог характеристик дощових і сніго-дощових паводків на річках Карпатського регіону за 1989-2002 рр. Наук. пр. УкрНДГМІ, 2006. Вип. 255. С. 299-310.

20. Гопченко Є.Д., Лобода Н.С., Овчарук В.А. Гідрологічні розрахунки : підручник. Одеса : ТЕС, 2014. 484 с.

21. Лобода Н.С. Методи статистичного аналізу у гідрологічних розрахунках і прогнозах : навч. посіб. Одеса : Екологія, 2010. 184 с.

22. Школьний Є.П., Гончарова Л.Д., Миротворська Н.К. Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації (збірник задач і вправ) : навч. посіб. / М- во освіти і науки України ; Одес. гідрометеорол. ін-т. Одеса, 2000. 419 с.

23. Гопцій М.В. Гопченко Є.Д. Дощові паводки в Українських Карпатах та їх розрахункові характеристики Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. Київ. 2011. Вип. 2(23). С.57-62.

24. Ободовський О.Г., Лук’янець О.І., Коноваленко О.С., Корнієнко В.О. Середній річний водний стік річок Українських Карпат та особливості його територіального розподілу Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. Київ. 2016. Вип. 4(43). С. 25-31.

25. Гопцій М.В. Гопченко Є.Д. Методика розрахунку максимального стоку дощових паводків на річках Прикарпаття Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. Київ. 2011. Вип. 3(24). С. 45-50.