

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

**ГІДРОЛОГІЧНА ОЦІНКА ПАВОДКІВ У БАСЕЙНІ РІЧКИ
ЛАТОРИЦЯ В СУЧАСНИХ КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ**

Галузь знань 10 – Природничі науки
Спеціальність 103 – Науки про Землю
Освітньо-професійна програма – Управління та екологія водних ресурсів

студентки 4-го курсу
освітнього рівня бакалавр
Алещенко Юлія Вячеславівна

Науковий керівник:
кандидат географічних наук,
Гопцій Марина Володимирівна

Київ 2026

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1	
ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ ТА КЛІМАТИЧНІ ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ СТОКУ В БАСЕЙНІ РІЧКИ ЛАТОРИЦЯ	6
1.1. Географічне положення, орографія та рельєф басейну	6
1.2. Геологічна будова, ґрунтовий та рослинний покрив	8
1.3. Кліматичні та гідрометеорологічні умови	9
1.4. Гідрографічна мережа та морфометричні характеристики річки Латориця та її головних приток	13
РОЗДІЛ 2	
НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ТА УПРАВЛІННЯ ПАВОДКОВИХ РИЗИКІВ: МІЖНАРОДНИЙ ТА ВІТЧИЗНЯНИЙ ДОСВІД	15
2.1. Методи розрахунку максимального стоку води в Україні	15
2.2. Зарубіжний досвід оцінки ризиків: Паводкова Директива ЄС (2007/60/ЕС) та її впровадження в районах річкових басейнів	16
2.3. Методологія створення карт загроз та ризиків затоплення	19
2.4. Математичне та геоінформаційне моделювання гідрографів паводків	20
РОЗДІЛ 3	
МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ГІДРОЛОГІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ	22
3.1. Характеристика вихідних даних спостережень	22
3.2. Методика оцінки ймовірності перевищення за емпіричними кривими забезпеченості	23
3.3. Методи розчленування гідрографів стоку та генетичного аналізу генезису паводків	30

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ СУЧАСНОГО ВОДНОГО РЕЖИМУ ТА	
ОЦІНКА ПАВОДКІВ	32
4.1. Внутрішньорічний розподіл стоку річки Латориця в сучасних	
кліматичних умовах	32
4.2. Порівняльний аналіз паводків теплого (злизових) та холодного	
(тало-дощових) періодів	37
4.2.1. Оцінка розповсюдженості та генезису екстремальних	
паводків за останні десятиліття	37
4.1.2. Порівняльний аналіз забезпеченості максимальних витрат	
теплого та холодного періодів	38
4.2. Аналіз та типізація гідрографів стоку для років із визначними	
паводками	42
4.3. Оцінка частки об'єму стоку паводків від загального річного	
стоку річки Латориця	43
ВИСНОВКИ	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	48
ДОДАТКИ	52

ВСТУП

Актуальність теми: Сучасний етап розвитку кліматичної системи характеризується дестабілізацією багаторічного режиму зволоження, зростанням частоти екстремальних метеорологічних явищ та інтенсифікацією рідких опадів у гірських регіонах Карпат. Басейн річки Латориця відзначається високим ступенем паводкової активності через специфічні орографічні, морфометричні та гідрогеологічні умови. Катастрофічні паводки (зокрема, історичні події 1998, 2001, 2010 та 2018 років) завдали значних збитків екосистемам, інфраструктурі та населенню регіону.

Перегляд і перерахунок максимальних витрат води за весь період спостережень (включаючи останні роки до 2023 р.) є критично важливими, оскільки класичні розрахункові норми часто не враховують сучасні кліматичні зміни. Оцінка максимального стоку води на основі побудови емпіричних кривих ймовірностей перевищення дозволяє уточнити просторово-часові закономірності формування паводків, що є науковою основою для модернізації інженерних протипаводкових споруд, управління ризиками затоплень та адаптації водогосподарського комплексу до кліматичних змін.

Мета: Комплексна гідрологічна оцінка процесів формування, просторово-часового розподілу та розрахункових параметрів максимального стоку паводків у басейні річки Латориця в умовах сучасних кліматичних змін для оптимізації протипаводкового менеджменту.

Завдання:

- проаналізувати теоретико-методологічні підходи до оцінки паводкових ризиків та управління ними, зокрема передовий транскордонний досвід країн-сусідів (Словаччини, Угорщини) в контексті впровадження Паводкової Директиви ЄС;
- оцінити сучасні тенденції змін компонентів водного режиму річки Латориця, виконавши порівняльний аналіз внутрішньорічного розподілу

стоку за базовий та сучасний кліматичні періоди (1991–2020 рр.) по шести опорних гідрологічних постах;

- дослідити закономірності формування максимального стоку шляхом роздільного статистичного аналізу та розрахунку кривих забезпеченості максимальних витрат води для теплого (зливового) та холодного (тало-дошового) періодів року.

- виконати детальний генетичний аналіз історичного катастрофічного паводка 1998 року, побудувавши та дослідивши суміщені добові гідрографи стоку для виявлення динаміки трансформації паводкової хвилі по довжині водотоку.

- виявити та кількісно оцінити ефект гідродинамічного розпластування і зрізання вершин паводків на рівнинних ділянках басейну річки Латориця.

- обґрунтувати практичні рекомендації щодо вдосконалення системи протипаводкового захисту та моніторингу в басейні Латориці з урахуванням виявлених сучасних кліматичних трендів.

Об’єкт дослідження: максимальний стік дощових паводків у басейні р. Латориця.

Предмет дослідження: Статистичні параметри, тенденції багаторічних змін та розрахункові характеристики (величини різної ймовірності перевищення) максимальних витрат води річки Латориця та її приток за емпіричними даними шести гідрологічних постів (ГП Підполоззя, Свалява, Мукачеве, Чоп, Неліпино, Зняцьово).

Для дослідження використано матеріали: дані багаторічних спостережень за характеристиками дощових паводків та дані про щоденні витрати води за роки високих паводків Центральної геофізичної обсерваторії ім. Бориса Срезневського, інформація з офіційного сайту Українського гідрометеорологічного центру та Басейнового управління водними ресурсами річки Тиса.

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 холодного та теплого періодів на річках Закарпаття, 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, 4 основні розділи, висновки, перелік використаних джерел та 2 додатки. Повний обсяг роботи становить 55 сторінок.

РОЗДІЛ 1

ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ ТА КЛІМАТИЧНІ ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ СТОКУ В БАСЕЙНІ РІЧКИ ЛАТОРИЦЯ

1.1. Географічне положення, орографія та рельєф басейну

Басейн річки Латориця є унікальною в геоморфологічному та гідрологічному відношенні суцільною природною системою, розташованою переважно в межах Закарпатської області України (рис. 1.1), а її нижня течія пролягає територією Словаччини, де річка зливається з р. Уж, формуючи річку Бодрог, яка є правою притокою Тиси. З географічної точки зору водозбір Латориці охоплює схили Українських Карпат та частину Закарпатської низовини, що зумовлює надзвичайну контрастність рельєфу та специфіку гідродинамічних процесів [1]. Загальна площа басейну в межах України становить понад 2000 км², що визначає масштабність формування поверхневого стоку та складність протипаводкового менеджменту на транскордонному рівні. Вертикальна зональність басейну чітко простежується від найвищих точок на вододільному хребті, де висоти перевищують 1200 м над рівнем моря, до низинних районів поблизу міста Чоп, де абсолютні відмітки рельєфу падають до 100 м і менше [2].

Верхів'я та середня частини басейну Латориці представлені хребтами Полонинськими та вододільним. Схили цих гірських масивів характеризуються значною крутизною, яка часто перевищує 20-30°, що безпосередньо впливає на швидкість схилового стоку під час інтенсивних опадів. У верхів'ях річки, зокрема в районі гідрологічного поста біля села Підполоззя, річкова мережа має типовий гірський характер із глибоко врізаними V-подібними долинами, що обмежує природну акумуляцію води в заплаві та сприяє стрімкому зростанню рівнів води [3]. Перехід від гірської частини до Передкарпаття і далі до Закарпатської низовини супроводжується різким зменшенням похилів річки, що призводить до уповільнення швидкості

течії, розпластування паводкової хвилі та виникнення масштабних застійних зон затоплення, як це регулярно спостерігається в нижній течії біля міст Мукачеве та Чоп [4].



Рис.1.1. Досліджуваний водозбір на карті України

Морфометричні особливості рельєфу басейну Латориці відіграють роль первинного гідродинамічного трансформатора атмосферних опадів. Висока густота річкової мережі у гірській частині, що досягає $1-1,5 \text{ км/км}^2$, забезпечує швидке стікання води з водозбірної площі до головного русла. Оскільки основні гірські притоки Латориці, такі як Віча, Пиня та Матекова, впадають у неї на відносно короткій ділянці течії, під час проходження потужних циклонів виникає ефект синхронізації паводкових хвиль, коли піки стоку з приток накладаються на основну хвилю в головному руслі [5]. Це призводить до формування катастрофічних паводків, які за лічені години затоплюють прилеглі міжгірські улоговини. Вертикальна диференціація рельєфу також зумовлює температурну інверсію та нерівномірний розподіл снігового

покриву взимку, що безпосередньо впливає на закономірності формування тало-дощового стоку в холодний період року [1].

1.2. Геологічна будова, ґрунтовий та рослинний покрив

Геологічна будова басейну річки Латориця представлена переважно карпатським флішем, який складається з перешарування пісковиків, аргілітів та алевролітів крейдового та палеогенового віку. Флішеві відклади характеризуються низькою водопроникністю та слабкою інфільтраційною здатністю, що є одним із головних геологічних чинників високої паводкової небезпеки в регіоні [6]. Під час тривалих або зливових опадів тонкий шар ґрунту швидко насичується вологою, після чого практично весь об'єм атмосферної води трансформується у поверхневий схиловий сток, оскільки підстилаючі флішеві породи діють як водоупор. У нижній частині басейну, починаючи від Мукачєвого, фліш змінюється неогеновими моласами та четвертинними алювіальними відкладами Закарпатського прогину, які представлені галечниками, пісками та глинами, що мають вищу пористість та здатність до підземної акумуляції води [7].

Ґрунтовий покрив гірської частини водозбору Латориці представлений здебільшого бурими гірсько-лісовими ґрунтами (буроземами), які мають різну потужність залежно від крутизни схилів та характеру рослинності. Буроземи характеризуються високим вмістом гумусу у верхньому горизонті та за умови збереженої структури здатні поглинати значні об'єми первинних опадів, проте на крутих схилах, де процеси ерозії є інтенсивними, потужність ґрунтового профілю зменшується до 20-30 см [8]. На низинних територіях басейну домінують дернові підзолені, глейові та алювіально-лучні ґрунти заплав, які через високий рівень залегання ґрунтових вод та глинистий механічний склад мають обмежену вільну ємність для поглинання паводкових вод, що посилює тривалість затоплень сільськогосподарських угідь у Чопському та Мукачівському районах [2].

Рослинний покрив, зокрема лісові масиви, виступає найважливішим природним біотичним регулятором гідрологічного режиму в басейні Латориці. Карпатські ліси, представлені буковими, смереково-буковими та дубовими фітоценозами, виконують незамінну водоохоронну, інфільтраційну та протиерозійну функції. Лісова підстилка та розвинена коренева система дерев спроможні затримувати значну частину рідких опадів, переводячи поверхневий сток у підґрунтовий та внутрішньогрунтовий, що суттєво розтягує в часі добігання води до руслової мережі та знижує висоту паводкових піків [9]. Проте за останні десятиліття внаслідок антропогенної трансформації ландшафтів, вирубки лісів, заміни корінних букових лісів на менш стійкі монокультури смереки, а також через прокладання трелювальних волоків, гідрологічна роль рослинності послабилася, що призвело до прискорення схилового стоку та зростання частоти формування паводків у басейні [10].

1.3. Кліматичні та гідрометеорологічні умови

Кліматичні умови басейну річки Латориця формуються під впливом переміщення атлантичних та середземноморських циклонів, які зумовлюють надходження вологих повітряних мас і випадання значної кількості атмосферних опадів, особливо на навітряних схилах гірських хребтів. Клімат водозбору змінюється від помірно-континентального, вологого у рівнинній частині до холодного, надмірно зволоженого у високогір'ї, що створює передумови для різкої просторової диференціації гідрометеорологічних елементів [11]. Головним паводкоутворюючим фактором в регіоні є рідкі опади, середньорічна сума яких у гірській частині басейну може перевищувати 1200-1500 мм, тоді як на Закарпатській низовині вона знижується до 700-800 мм. Важливою особливістю карпатських дощів є їхній зливовий характер та висока інтенсивність, коли за одну добу може випасти місячна або навіть

двомісячна норма опадів, що миттєво призводить до критичного перезволоження ґрунту та утворення інтенсивного поверхневого стоку [12].

Сучасна трансформація клімату, яка спостерігається у період з 1991 по 2020-ті роки, внесла суттєві зміни у температурний режим та розподіл опадів в басейні р. Латориця, змінивши класичні уявлення про сезонність паводків (рис. 1.2). Загальне зростання середньорічної температури повітря призвело до зменшення тривалості стійкого зимового періоду та частої появи тривалих відлиг у зимові місяці. Внаслідок цього сніговий покрив у середньогірській та навіть високогірній зонах став нестійким, а процеси сніготанення часто відбуваються кілька разів протягом зими, провокуючи формування серії високих тало-дощових паводків у холодний період року, які за своєю руйнівною силою починають перевищувати літні зливи [13]. Крім того, спостерігається небезпечна тенденція до зростання частоти блокуючих антициклонів, які перериваються періодами винятково тривалих і концентрованих у часі злив, що суттєво підвищує ризик виникнення раптових паводків-спалахів.

Важливим гідрометеорологічним чинником, що визначає масштабність трансформації опадів у річковий стік у зимово-весняний період, є глибина та характер промерзання ґрунту, а також ступінь його попереднього зволоження. В історичному минулому сильне промерзання буроземів на схилах гір створювало так званий ефект водонепроникного екрана, за якого весняне сніготанення супроводжувалося катастрофічним стоком безпосередньо у річкову мережу. В сучасних кліматичних умовах через м'які зими глибина промерзання ґрунту суттєво зменшилася, проте цей позитивний фактор нівелюється високим ступенем його попереднього осіннього зволоження [14]. Якщо тривалі дощі у жовтні-листопаді повністю насичують капілярну місткість ґрунтового профілю, то будь-які наступні опади у вигляді дощу чи мокрого снігу, навіть за відсутності промерзання, трансформуються у поверхневий сток із максимальним коефіцієнтом, що і стало причиною катастрофічних наслідків під час історичного листопадового паводку 1998 року та березневого паводку 2001 року.

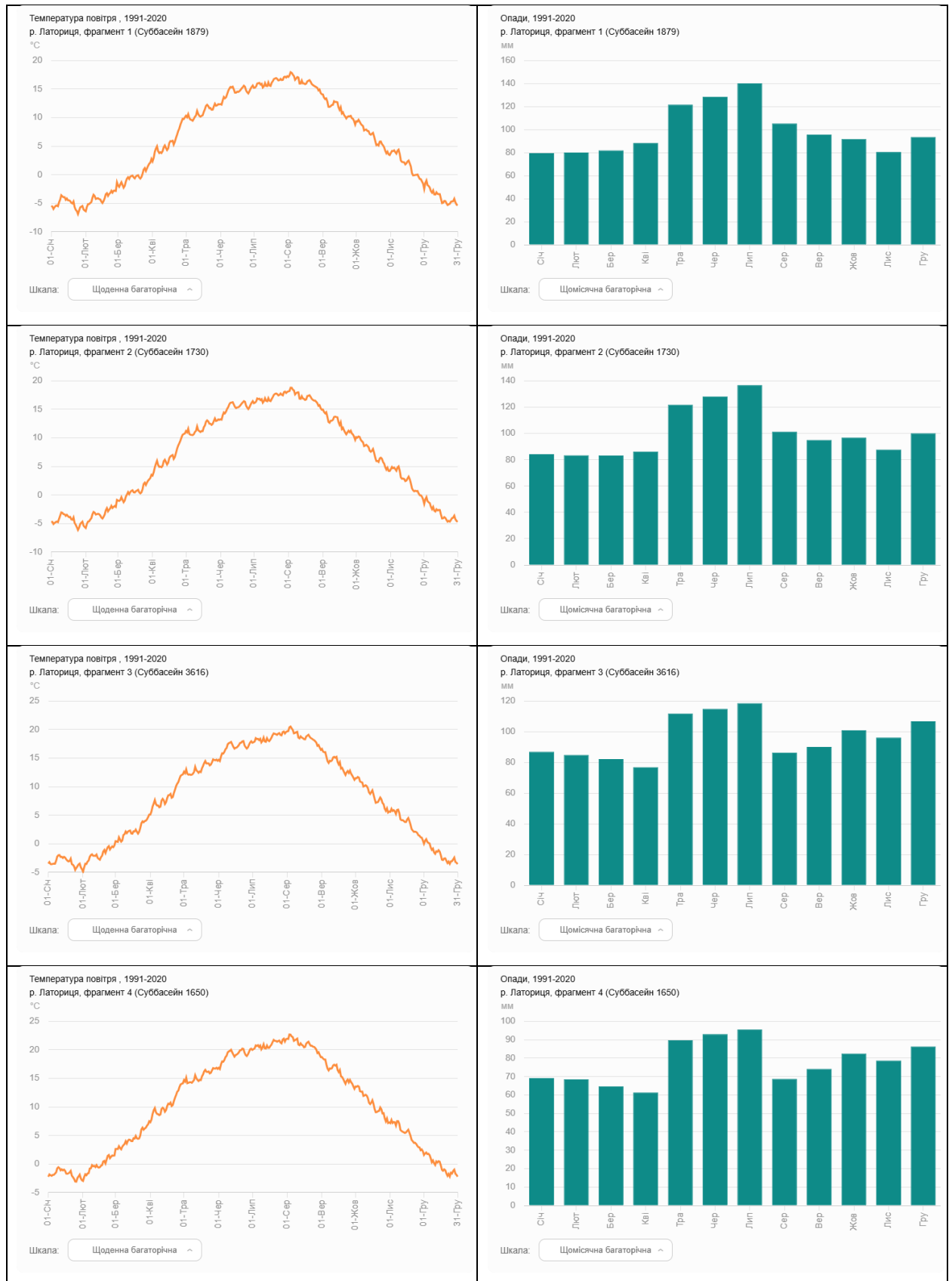


Рис.1.2. Середньомісячні суми опадів та середньодобова температура повітря в басейні р. Латориця у сучасний період 1991-2020 рр., аркуш 1

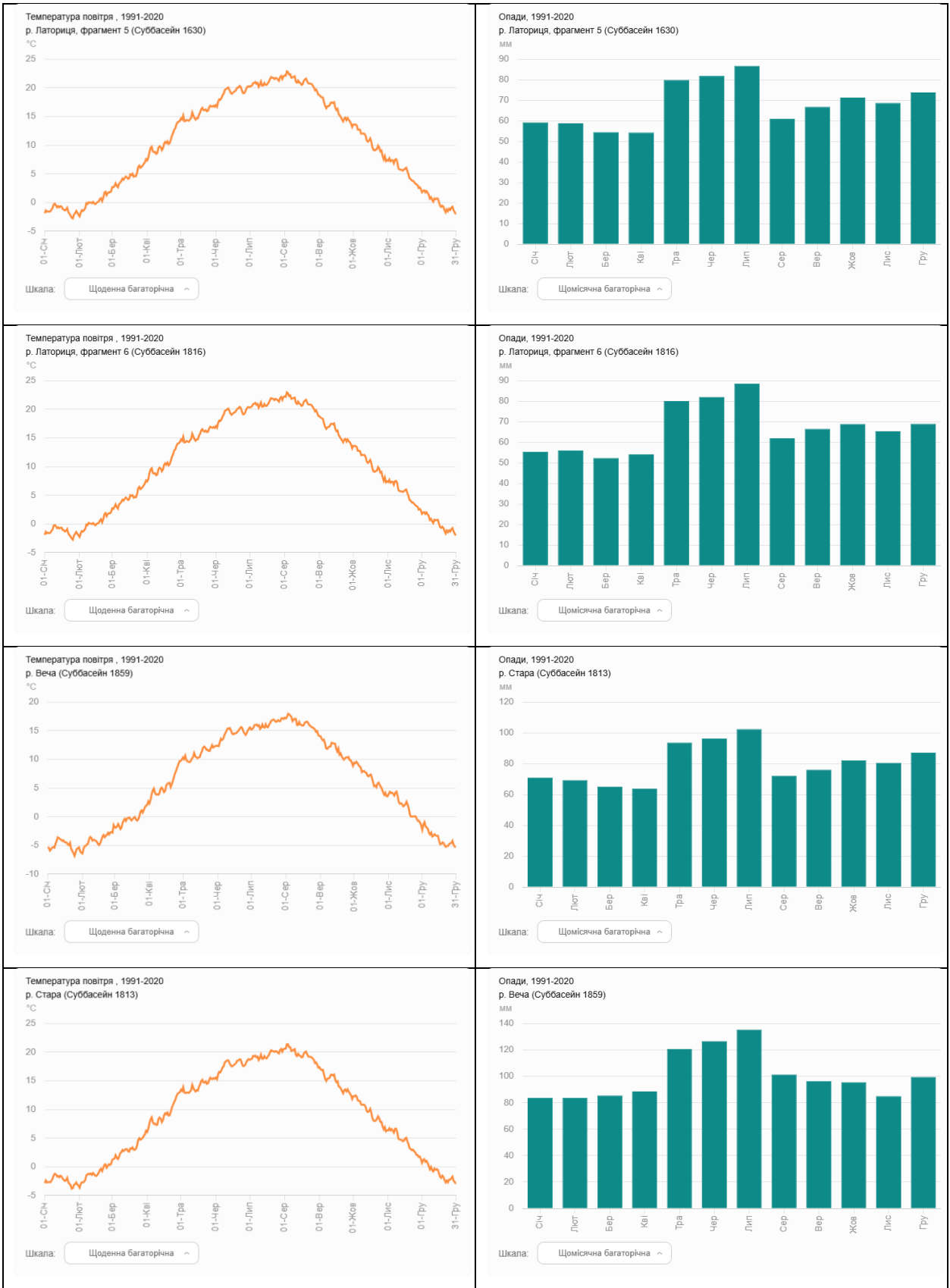


Рис.1.2. Середньомісячні суми опадів та середньодобова температура повітря в басейні р. Латориця у сучасний період 1991-2020 рр., аркуш 2

1.4. Гідрографічна мережа та морфометричні характеристики річки Латориця та її головних приток

Гідрографічна мережа басейну річки Латориця відзначається високим ступенем розгалуженості та асиметрії (див. рис. 1.1), що безпосередньо пов'язано з тектонічною будовою та геоморфологією Українських Карпат. Головна водна артерія бере свій початок на схилах Вододільного хребта і в межах України протікає понад 100 км, динамічно змінюючи свої гідродинамічні характеристики від стрімкого гірського потоку до типово рівнинної річки. Специфіка реагування басейну на паводконебезпечні метеорологічні ситуації визначається морфометричними параметрами окремих водозборів, які зафіксовані діючою мережею гідрологічних постів і відображають послідовне збільшення площі збору води від верхів'їв до замикаючого створу [3]. Просторова диференціація цих параметрів дозволяє детально простежити процеси акумуляції та трансформації паводкових хвиль по довжині річкової системи.

Верхня частина басейну, що мониториться гідрологічним постом р. Латориця - с. Підполоззя, має площу водозбору всього 324 км² і характеризується найвищими похилами русла та схилів. Тут річка приймає ряд малих гірських приток, що зумовлює надзвичайно швидку реакцію рівнів води на дощові паводи, коли час добігання хвилі до створу вимірюється годинами. Нижче за течією розташований пост р. Латориця - м. Свалява із площею водозбору 680 км², де в головне русло впадає права притока р. Пиня, суттєво збільшуючи водність річки [4]. На цій ділянці долина дещо розширюється, проте русло залишається відносно обмеженим гірськими схилами, що мінімізує природну заплавну акумуляцію та змушує паводкову хвилю рухатися з високою швидкістю транзиту в напрямку Передкарпаття.

Центральним вузлом формування та трансформації паводкового стоку є створ р. Латориця - м. Мукачеве, де площа водозбору досягає 1360 км², практично подвоюючись порівняно зі Свалявським створом. Така стрімка

інтразональна зміна масштабів водозбору пояснюється впадінням однієї з найбільших лівих приток Латориці — річки Віча. Гідрологічний пост р. Віча - с. Неліпино охоплює площу водозбору у 241 км² і фіксує формування дуже високих модулів стоку, оскільки басейн Вічі розташований у зоні максимальних орографічних опадів Полонинського хребта [5]. Накладання паводкових хвиль Латориці та Вічі в районі Мукачеве часто має синергетичний ефект, створюючи екстремальні пікові витрати води, які прориваються крізь Вулканічний хребет і виходять на обширні простори Закарпатської низовини.

Нижня течія річки у замикаючому створі р. Латориця - м. Чоп має площу водозбору - 2870 км². На цій рівнинній ділянці характер гідрографічної мережі кардинально змінюється: похили русла падають до мінімальних значень, річка починає сильно меандрувати, а швидкість течії знижується. Тут значний вплив на загальний водний баланс має правобережна система приток, ключовою з яких є річка Стара. Гідрологічний пост р. Стара - с. Зняцеве з площею водозбору 224 км² характеризує стік передгірно-рівнинних водотоків, де паводки мають меншу інтенсивність підйому, але характеризуються значною тривалістю [15]. У районі Чопа русло Латориці обваловане штучними протипаводковими дамбами, що значно трансформують паводкову хвилю в межах меженного русла та заплави, призводячи до тривалого утримання високих рівнів води та загрози зворотного підпору з боку річки Тиса під час синхронного проходження паводків на обох річках.

РОЗДІЛ 2

НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНКИ ТА УПРАВЛІННЯ ПАВОДКОВИХ РИЗИКІВ: МІЖНАРОДНИЙ ТА ВІТЧИЗНЯНИЙ ДОСВІД

2.1. Методи розрахунку максимального стоку води в Україні

Історичний розвиток вітчизняної гідрологічної науки сформував значну методологічну базу для розрахунку параметрів максимального стоку води, яка тривалий час базувалася на принципах будівельної гідрології та жорстких інженерних стандартах. Протягом другої половини ХХ століття переважаючими були підходи, засновані на концепції стаціонарності гідрологічних рядів, яка передбачала, що статистичні параметри річкового стоку залишаються незмінними у часі. Розрахунки максимальних витрат води при проєктуванні гідротехнічних споруд регламентувалися нормативними документами типу СНіП, а згодом ДБН, де ключове місце посідав метод побудови аналітичних кривих розподілу ймовірностей перевищення, зокрема трипараметричного гамма-розподілу та розподілу Критцького-Менкеля [16]. Ці методи дозволяли за допомогою визначення коефіцієнтів варіації та асиметрії екстраполювати обмежені за часом ряди спостережень на задану інженерну забезпеченість, забезпечуючи високу надійність капітального будівництва.

Однак стрімкі зміни клімату, що супроводжуються дестабілізацією кругообігу води в природі, та посилення антропогенного тиску на річкові басейни виявили методологічну обмеженість класичних інженерних підходів. Припущення про стаціонарність гідрологічних процесів у сучасних умовах є дискусійним, оскільки багаторічні ряди максимального стоку дедалі частіше демонструють наявність виражених трендів, циклічних коливань та різких зсувів середніх значень. У вітчизняній науковій школі виникла гостра потреба у модернізації розрахункових схем, що стимулювало розвиток генетичних та

стохастичних методів моделювання стоку. Сучасні українські дослідники все частіше звертаються до методів математично-статистичного аналізу однорідності гідрологічної інформації за допомогою критеріїв Стюдента, Фішера та розрахунку інтегральних різницевих кривих, що дозволяє виявляти періоди антропогенного та кліматичного порушення структури річкових рядів [17].

Особливе місце у розвитку методів оцінки максимального стоку посідає розробка концепції руслових процесів та гідродинамічного моделювання трансформації паводкових хвиль у гірських умовах. Традиційні емпіричні формули редукції максимальних модулів стоку, які широко використовувалися для недосліджених водотоків, поступово замінюються складнішими фізико-математичними моделями схилового та руслового добігання вологи [3]. Сучасна українська методологія розрахунку максимальних витрат води орієнтується на інтеграцію класичних статистичних кривих забезпеченості з просторово-розподіленими моделями формування стоку, що дає змогу враховувати як динаміку метеорологічних полів, так і локальні зміни підстилаючої поверхні, викликані господарською діяльністю людини в басейні річки.

2.2. Зарубіжний досвід оцінки ризиків: Паводкова Директива ЄС (2007/60/ЕС) та її впровадження в районах річкових басейнів

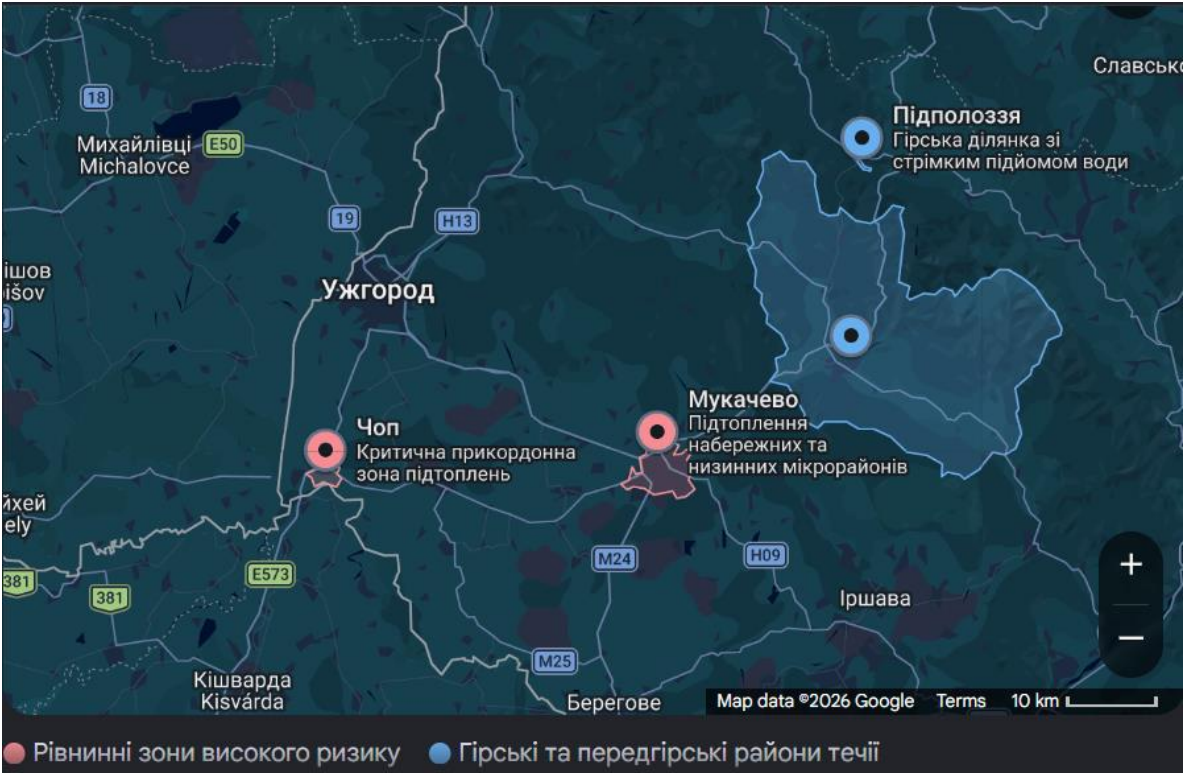
Зарубіжна практика управління паводковими процесами за останні десятиліття зазнала кардинальної парадигмальної трансформації, перейшовши від концепції тотального інженерного захисту до концепції управління ризиками затоплення. Головним каталізатором та нормативним підґрунтям цієї трансформації на європейському просторі стала Директива 2007/60/ЕС Європейського Парламенту та Ради від 23 жовтня 2007 року про оцінку та управління ризиками затоплення, відома як Паводкова Директива ЄС [18]. Основна філософія цього документа полягає в усвідомленні того, що паводки

є природними явищами, які неможливо повністю відвернути за допомогою дамб, а тому діяльність людини має бути спрямована на мінімізацію негативних наслідків для здоров'я людей, довкілля, культурної спадщини та економічної інфраструктури, керуючись принципом співіснування з річкою.

Впровадження Паводкової Директиви ЄС передбачає чітку триетапну послідовність дій, яка є обов'язковою для виконання в усіх країнах-членах Європейського Союзу і наразі активно інтегрується у водне законодавство України в межах виконання Угоди про асоціацію. Першим етапом є проведення попередньої оцінки ризиків паводків у межах визначених районів річкових басейнів, що полягає в аналізі історичних даних про минулі паводки, які мали значні негативні наслідки, та виділенні територій з потенційно високими ризиками затоплення [19]. На другому етапі для виділених вразливих територій розробляються детальні карти загроз затоплення та карти паводкових ризиків. Карти загроз (рис. 2.1) відображають геометричні межі потенційного затоплення, глибини води та швидкості течії для сценаріїв паводків різної ймовірності перевищення, зокрема низької (імовірність менше одного відсотка або екстремальні події), середньої (імовірність більше або дорівнює п'яти-десяти відсоткам) та високої ймовірності. Карти ризиків, своєю чергою, показують потенційні негативні наслідки цих затоплень, включаючи чисельність мешканців під загрозою та типи економічної діяльності на вразливих ділянках.

Прикінцевим і найважливішим етапом є формування Планів управління ризиками паводків, які затверджуються на рівні річкових басейнів та містять комплекс технічних і нетехнічних заходів, спрямованих на запобігання, захист та підготовку населення до екстремальних явищ [20]. Європейський досвід чітко демонструє перевагу неструктурних методів протипаводкового захисту, до яких належать суворе просторове планування та обмеження будівництва у заплавах річок, відновлення природної утримувальної здатності ландшафтів через ренатуралізацію водно-болотних угідь та лісовідновлення, а також впровадження інтегрованих систем раннього попередження. Такий підхід

дозволяє створити гнучку систему протидії стихійним явищам, яка адаптується до сучасних кліматичних змін і мінімізує витрати на ліквідацію наслідків затоплень.



Примітка.

Нижня рівнинна течія та прикордонні зони (найвищий ризик)	Урбанізована зона міста Мукачево	Передгірська та гірська зони
<i>Місто Чоп та околиці:</i> Абсолютно критична ділянка, де Латориця регулярно досягає найвищого (третього) ступеня протипаводкового захисту. Під загрозою опиняються як околиці міста, так і місцеві польові угіддя. <i>Меліоративна система «Чорний Мочар»:</i> Величезна низовинна територія, де через високий рівень ґрунтових вод та розлив річки затоплюються сільськогосподарські угіддя. <i>Прикордонні села:</i> Населені пункти Ужгородського району поблизу кордону зі Словаччиною (в околицях злиття Латориці з річкою Уж).	<i>Міська набережна та паркові зони:</i> При перших виходах річки на заплаву підтоплюються набережні, зони відпочинку (парк по вул. Садовій) та дитячі майданчики. <i>Прибережні житлові вулиці:</i> Історично зоною ризику є вулиці Водна та Бокова. <i>Мікрорайони Паланок та Бороктелеп:</i> Нижчі за рельєфом частини міста, де паводкова вода може підтоплювати двори, господарські споруди та підвали.	<i>Ділянка смт Підполоззя - м. Свалява:</i> Вузька гірська долина, де зона затоплення становить від 15 до 60 метрів. Основним ризиком тут є не тривалі стоячі підтоплення, а швидкоплинні та руйнівні паводкові хвилі, що розмивають береги й загрожують прибережній інфраструктурі.

Рис. 2.1. Схема потенційних зон затоплення за даними Басейного управління водних ресурсів річки Тиса

2.3. Методологія створення карт загроз та ризиків затоплення

Оскільки басейн річки Латориця є транскордонним і безпосередньо зв'язаний з водотоками Центральної Європи, досвід сусідніх держав Дунайського басейну, зокрема Словаччини та Угорщини, у сфері створення карт загроз та ризиків є надзвичайно цінним для адаптації в Україні. Угорська Республіка, розташована в низинній частині басейну Тиси, історично виробила унікальну та жорстку систему протипаводкового планування через постійну загрозу катастрофічних підтоплень великих площ сільськогосподарських угідь та населених пунктів [21]. У процесі реалізації Паводкової Директиви ЄС угорські фахівці зробили акцент на детальному моделюванні проривів штучних дамб та оцінці динаміки поширення заливних хвиль по рівнинному рельєфу Альфельда. Метод картографування в Угорщині спирається на використання надточних цифрових моделей рельєфу, отриманих за допомогою лазерного сканування місцевості (лідара), що дозволяє фіксувати мікроформи рельєфу запливи з точністю до кількох сантиметрів і прогнозувати напрямки руху паводкової води навіть при мінімальних похилах земної поверхні.

З іншого боку, Словацька Республіка, де безпосередньо продовжує свою течію річка Латориця після перетину кордону України, має геоморфологічні умови, подібні до українського Закарпаття, де поєднуються стрімкі гірські перепади та низинні акумуляційні рівнини. Словацька методологія створення карт загроз базується на інтегрованому використанні гідрологічних моделей для визначення розрахункових витрат води та двовимірних гідродинамічних моделей для розрахунку зон затоплення [22]. Особливістю словацького підходу є обов'язкове врахування фактора заїлення русел та перенесення великої кількості твердого стоку (наносів) під час гірських паводків, що суттєво змінює пропускну здатність мостових переходів та руслових звужень. Карти ризиків затоплення у Словаччині інтегровані в єдину державну геоінформаційну систему екологічного моніторингу, що дозволяє в режимі

реального часу оцінювати потенційні економічні збитки для промислових об'єктів та обчислювати щільність населення, яке потребує евакуації у разі досягнення критичних гідрологічних відміток.

Транскордонна співпраця між Україною, Словаччиною та Угорщиною в межах басейну Латориці та Бодрогу призвела до розуміння необхідності гармонізації розрахункових критеріїв. Різниця в історичних гідрологічних величинах тривалий час зумовлювала ситуації, коли розрахункові рівні паводка забезпеченістю в 1 % на прикордонних створах країн не збігалися. Сучасний етап міжнародного співробітництва у Дунайському басейні орієнтований на створення спільних транскордонних математичних моделей, де карти загроз та ризиків розробляються на основі єдиної бази геодезичних та гідрометричних даних [23]. Це дозволяє функціонувати спільним системам раннього оповіщення, таким як українсько-угорська автоматизована інформаційно-вимірювальна система АІВС-ТІСА, яка забезпечує миттєву передачу даних про підйоми рівнів води у верхів'ях Латориці до замикаючих закордонних створів, мінімізуючи час реагування на надзвичайні ситуації.

2.4. Математичне та геоінформаційне моделювання гідрографів паводків

Сучасний етап розвитку інженерної гідрології неможливо уявити без застосування засобів геоінформаційних систем та методів чисельного гідродинамічного моделювання, які прийшли на зміну спрощеним аналітичним розрахункам. Використання ГІС-технологій, зокрема програмних комплексів ArcGIS або QGIS, дозволяє здійснювати автоматизований морфометричний аналіз річкових басейнів, виділяти лінії вододілів, розраховувати похили схилів та формувати просторові матриці шорсткості підстилаючої поверхні залежно від типів землекористування [24]. Геоінформаційне моделювання виступає первинним етапом підготовки просторових даних, де на основі цифрових моделей рельєфу створюється

детальна тривимірна геометрія річкового русла, заплави та захисних дамб, яка згодом імпортується у спеціалізовані гідродинамічні блоки для безпосереднього розрахунку параметрів паводка.

Серед світового різноманіття програмних продуктів для математичного моделювання паводкових процесів найбільше поширення в практиці досліджень басейнів річок здобув комплекс HEC-RAS, розроблений Гідрологічним інженерним центром армії Сполучених Штатів Америки. Цей програмний продукт дозволяє виконувати одновимірне та двовимірне моделювання нестационарного руху річкового стоку [25]. Одновимірний режим моделювання ефективно застосовується для гірських ділянок, де рух води чітко обмежений долиною, тоді як двовимірне моделювання (2D) є незамінним для рівнинних територій. Двовимірні рівняння Сен-Венана, що лежать в основі HEC-RAS, дозволяють з високою точністю розраховувати вектори поширення води по заплаві у разі переливу через протипаводкові дамби або їх руйнування, визначаючи точні часові графіки затоплення окремих вулиць чи об'єктів інфраструктури.

Іншим потужним інструментом експертного рівня є програмна лінійка MIKE, розроблена Данським гідрологічним інститутом, яка включає модулі MIKE 11, MIKE 21 та MIKE FLOOD. Перевагою цього модельного комплексу є можливість глибокої інтеграції процесів формування поверхневого стоку безпосередньо з випаданням атмосферних опадів на водозборі, що класифікується як моделювання за принципом від дощу до стоку [26]. Модуль MIKE SHE дозволяє враховувати процеси інфільтрації, підшкірного стоку та випаровування, що дає змогу реконструювати повний гідрограф паводка в умовах відсутності або недостатності прямих гідрометричних спостережень. Застосування таких інтегрованих систем моделювання в басейні річок забезпечує перехід від констатації історичних статистичних фактів до прогностичного сценарного моделювання, коли на основі метеорологічного прогнозу зливових опадів можна заздалегідь розрахувати майбутній гідрограф паводка та вчасно вжити заходів для евакуації населення.

РОЗДІЛ 3

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ГІДРОЛОГІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ

3.1. Характеристика вихідних даних спостережень

Інформаційною основою для виконання практичної частини дослідження став репрезентативний масив багаторічних спостережень за максимальними річними витратами води, зафіксованими державною мережею гідрологічних постів Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського та Закарпатського обласного центру з гідрометеорології. Загальний часовий діапазон зібраних даних охоплює період з 1945 по 2023 роки, що становить 79 років безперервного гідрометричного моніторингу басейну річки Латориця. Для дослідження обрано 6 діючих гідрологічних постів, які дозволяють просторово оцінити настання фаз водності по всьому басейну, починаючи від верхів'їв у гірській зоні і закінчуючи прикордонним замикаючим створом на рівнині, а також охоплюють головні притоки першого порядку [27].

Верхню гірську частину басейну охоплено даними з поста р. Латориця - с. Підполоззя, де регулярні спостереження розпочалися у 1946 році і тривають дотепер, фіксуючи стрімкі підйоми води на водозборі площею 324 км². Слідом за ним по довжині водотоку розташований пост р. Латориця - м. Свалява із площею водозбору 680 км², що має ряд спостережень з 1961 року, який дозволяє оцінити трансформацію стоку після впадіння у головне русло річки Пиня. Центральним і найбільш інформативним є пост р. Латориця - м. Мукачеве, що має ряд спостережень з 1946 року та охоплює площу 1360 км², виступаючи замикаючим створом для всієї гірської частини басейну [2]. Нижня рівнинна ділянка описується даними моніторингу з поста р. Латориця - м. Чоп (код 44093) з площею басейну 2870 км², де спостереження ведуться з 1956 року.

Для повноти генетичного аналізу паводків у розрахункову схему включено два підбасейни приток: гідрологічний пост р. Віча - с. Неліпино, що охоплює типово гірську частину водозбору з площею 241 км², маючи дані спостережень з 1958 року і дозволяє оцінити внесок Полонинського хребта у формування екстремальних піків; рівнинно-передгірний характер стоку охоплює пост р. Стара - с. Зняцеве з площею водозбору 224 км², що має безперервний ряд даних з 1952 року.

Усі вихідні дані перед початком математичної обробки пройшли перевірку на наявність пропусків, при цьому періоди тимчасової відсутності вимірювань (наприклад, окремі роки у деяких рядах) були верифіковані за допомогою методів гідрологічної аналогії та парної кореляції із сусідніми постами, що дозволило сформувати статистично надійні та однорідні ряди [28].

3.2. Методика оцінки ймовірності перевищення за емпіричними кривими забезпеченості

Методика математико-статистичного аналізу максимальних витрат води базується на класичних положеннях теорії ймовірностей, адаптованих до задач інженерної гідрології та водного менеджменту. Першим етапом обробки сформованих багаторічних рядів спостережень є їхнє хронологічне ранжування, яке полягає в перегрупованні вихідних значень витрат води для кожного гідрологічного поста окремо у порядку їхнього спадання. Таким чином, найбільша історична витрата води за весь період спостережень отримує перший порядковий номер (ранг), а найменша за водністю річна максимальна витрата води займає останнє місце в ряді, що відповідає загальній кількості років спостережень у вибірці [17].

Для визначення емпіричної ймовірності перевищення (забезпеченості) кожного члена ранжованого ряду в межах створеної цифрової Excel-моделі застосовано аналітичну формулу Критцького-Менкеля, яка є нормативним

стандартом у вітчизняній будівельній гідрології та забезпечує незміщену оцінку ймовірностей у екстремальних частинах розподілу. Розрахунок здійснюється за залежністю, де порядковий номер члена ряду ділиться на суму загальної кількості членів вибірки та одиниці, після чого результат множиться на сто відсотків. Побудовані на основі цих розрахунків емпіричні точки наносяться на спеціалізовані графіки кривих забезпеченості (рис. 2.2), де по осі абсцис відкладається ймовірність перевищення у відсотках, а по осі ординат — відповідні їм величини максимальних витрат води або їхні модульні коефіцієнти [16].

Модульні коефіцієнти, які розраховуються як відношення кожної конкретної максимальної витрати води до середнього значення максимального стоку для даного поста за весь період спостережень, дозволяють нівелювати вплив масштабів площі водозбору. Це дає можливість виконувати безпосереднє просторове порівняння ступеня екстремальності паводків на гірських притоках малого розміру та на головному руслі річки Латориця у її низинній течії. Наступна інтерполяція емпіричних точок за допомогою теоретичних кривих розподілу дозволяє зняти розрахункові значення максимального стоку ключових забезпеченостей, зокрема 1% паводка, який теоретично повторюється один раз на 100 років і виступає головним критерієм при проектуванні протипаводкових дамб та мостових переходів [29].

На рис. 3.2 приведено емпіричну криву річних максимальних витрат води для р. Латориця – м. Мукачеве за період спостереження 1947-2023 рр.

Найбільша строкова витрата $1630 \text{ м}^3/\text{с}$ спотерігалась 23.07.1980 р. і її забезпеченість оцінено як 1,3 %. У сучасний період 1991-2023 рр. найбільша строкова витрата води, що спостерігалася по посту р. Латориця – м. Мукачева була $1310 \text{ м}^3/\text{с}$ 05.11.1998 р.

Емпіричні криві по всіх постах наведені у дод. А.

На рис. 3.3 наведена динаміка зміни максимальних річних витрат води на річках басейну р. Латориця.

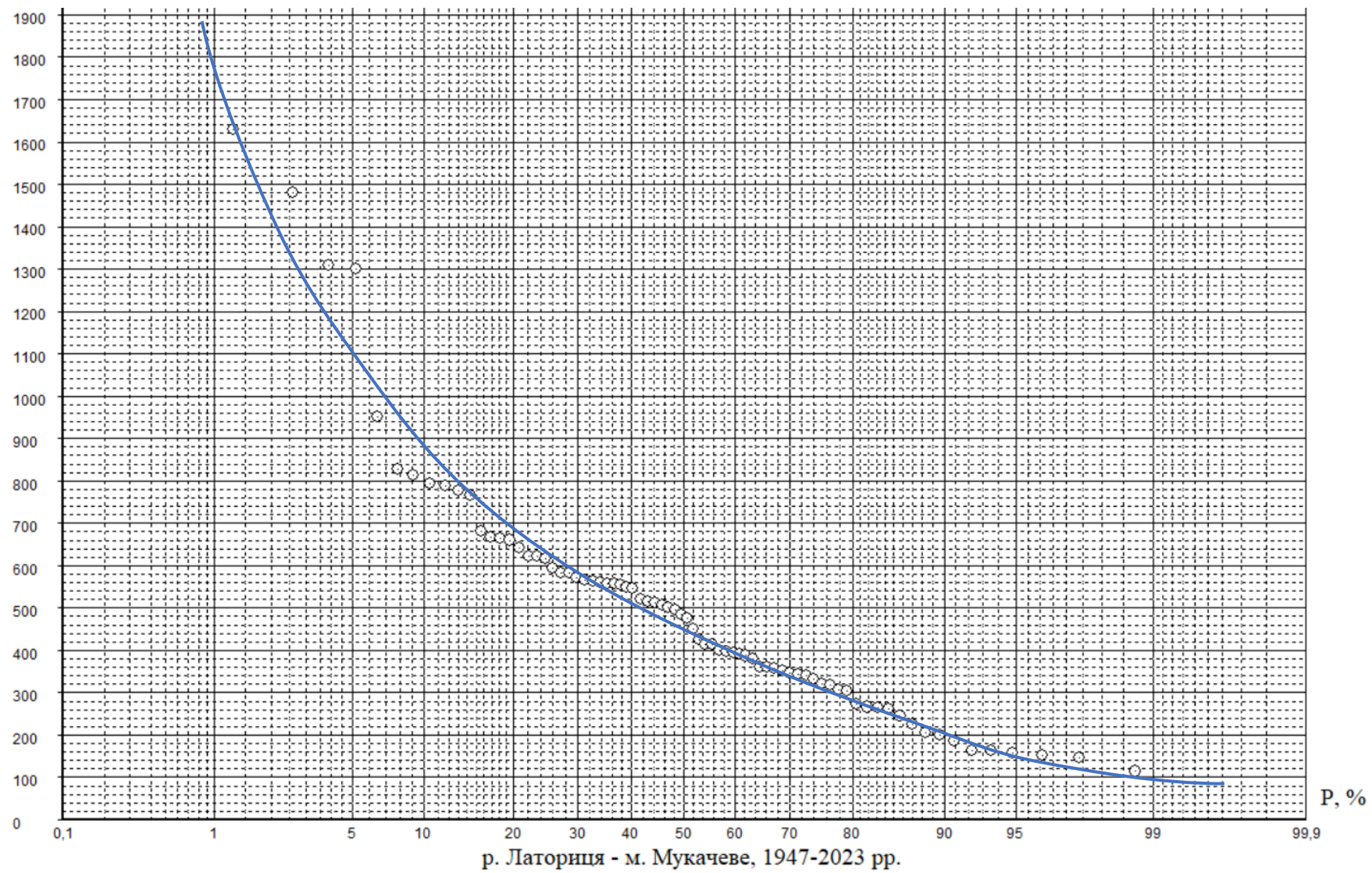


Рис. 3.2. Емпірична крива забезпеченості річних максимальних витрат води

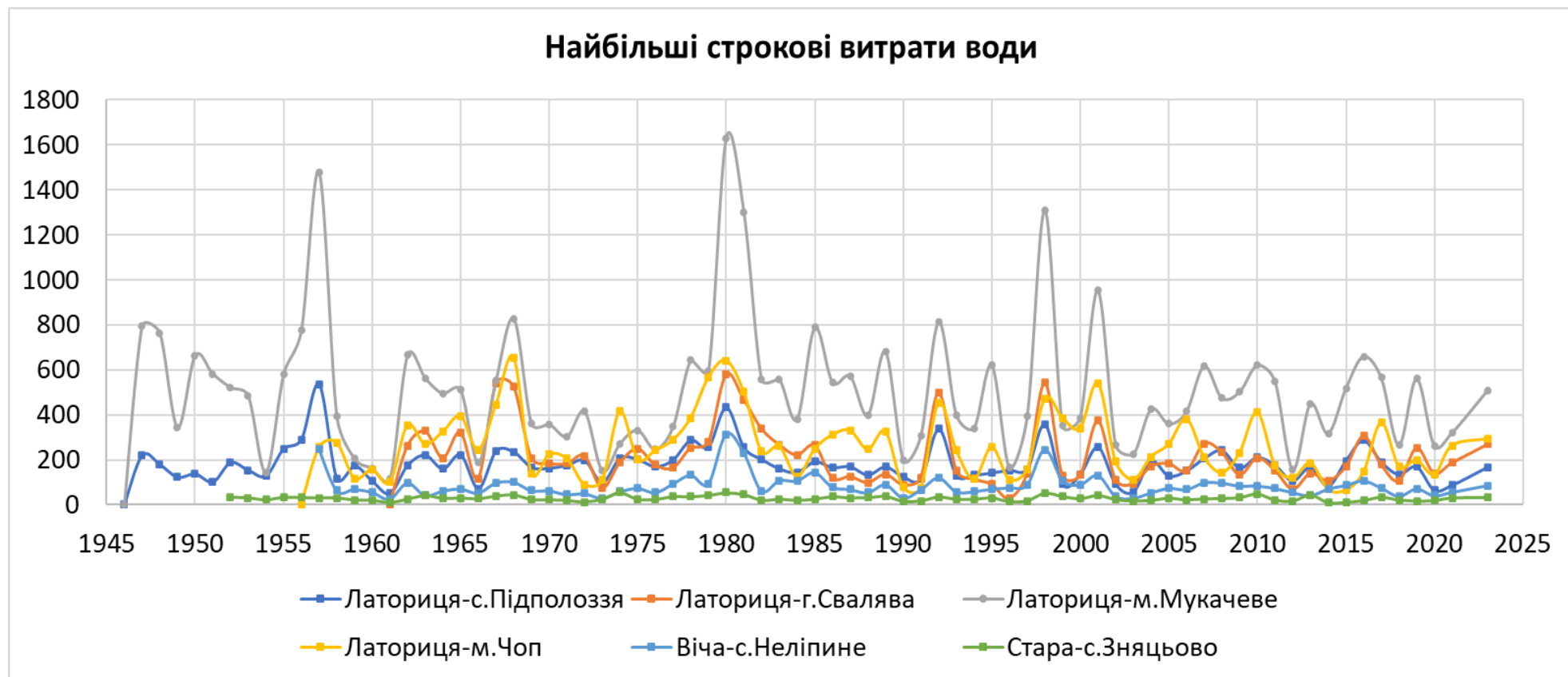


Рис. 3.3. Просторо-часова зміна найбільших річних строкових витрат води на річках басейну р. Латориця

Аналізуючи хронологічні графіки найбільших строкових витрат води (рис. 3.3) можемо зробити важливі наукові висновки щодо просторово-часової специфіки екстремального стоку в басейні Латориці. Оцінка багаторічної динаміки чітко підтверджує, що історичний паводок листопада 1998 року став абсолютним і недосяжним максимумом сучасного кліматичного періоду для більшості досліджуваних постів, проте характер поширення цієї паводкової хвилі мав свої регіональні особливості.

У створі р. Латориця - м. Мукачеве, який є характеризує гірську частину басейну, паводок 1998 року зафіксував екстремально-високу витрату води на позначці $1310 \text{ м}^3/\text{с}$, що є абсолютним піком за останні сорок років. Схожа картина спостерігається і на високогірній притоці р. Віча - с. Неліпино, де також спостерігалася екстремальна витрата води $245 \text{ м}^3/\text{с}$, а також у верхів'ях головного русла на посту р. Латориця - с. Підполоззя, де витрата води на піку становила $359 \text{ м}^3/\text{с}$. На графіку чітко видно стрімке синхронне збільшення усіх кривих у 1998 році, що свідчить про унікальну за своєю потужністю та площею охоплення дощу та утворення паводку.

Однак аналіз просторового розповсюдження цієї хвилі внизу за течією показує, що у замикаючому прикордонному створу поста р. Латориця - м. Чоп у листопаді 1998 року витрата води склала $472 \text{ м}^3/\text{с}$. Як свідчать дані багаторічних спостережень, цей показник у Чопі поступився іншому видатному паводку сучасного періоду — березневому паводку 2001 року, під час якого в Чопі було зафіксовано $540 \text{ м}^3/\text{с}$. У 1998 році через катастрофічні об'єми води відбулися масштабні прориви дамб на ділянці між Мукачевим і Чопом. Величезна маса стоку просто хлинула на заплаву, затопивши десятки сіл і сільськогосподарських угідь. Внаслідок цього руйнівного розпластування хвилі по рівнині до самого міста Чоп руслом дійшла вже менша витрата води. Водночас у 2001 році, попри менші піки у горах (в Мукачевому було $952 \text{ м}^3/\text{с}$ проти $1310 \text{ м}^3/\text{с}$ у 1998 році), завдяки укріпленим дамбам уся паводкова маса утримувалася всередині русла і транзитом дійшла до Чопа, забезпечивши там вищий русловий пік.

Якщо аналізувати передгірну правобережну притоку Стара - с. Зняцьово, то паводок 1998 року тут також є найбільшим сучасного періоду із показником $53 \text{ м}^3/\text{с}$. Проте графік наочно демонструє, що загальний рівень амплітуд для цього поста є надзвичайно низьким і згладженим порівняно з гірськими створами, що підтверджує раніше висунуту тезу про високу акумулюючу здатність і повільну трансформацію стоку передгірних водотоків. Таким чином, можна стверджувати, що паводок 1998 року є абсолютним і найбільшим історичним максимумом у басейні Латориці за сучасного періоду.

Візуалізація та спільний аналіз добових гідрографів стоку води за історичний 1998 рік (рис. 3.4), дозволяють у хронологічній послідовності відтворити просторово-часовий рух та трансформацію катастрофічної паводкової хвилі в межах усього басейну річки Латориця. На кожному з шести графіків чітко простежується закономірний для Українських Карпат паводковий режим стоку - типові меженні періоди з локальними короткочасними зливовими підйомами (зокрема, помітні хвилі наприкінці літа у липні-серпні). Проте аномальні за своєю тривалістю та інтенсивністю дощі на початку листопада призвели до формування масштабного екстремального збільшення стоку, хід якого мав чітко виражену динаміку добігання.

Первинне формування та акумуляція екстремального стоку розпочалися у верхній, найбільш стрімкій гірській ланці басейну. На гідрологічному посту р. Латориця - с. Підполоззя паводкова хвиля досягла свого максимального пікового значення найпершою — у період з 4 - 5 листопада 1998 року, зафіксувавши витрату води на позначці $359 \text{ м}^3/\text{с}$. Майже одночасно, 5 листопада, пікове збільшення було на головній гірській притоці - на посту р. Віча - с. Неліпене на відмітці у $245 \text{ м}^3/\text{с}$. Така висока синхронність у верхів'ях вказує на те, що орографічні опади повністю охопили весь Вододільний та Полонинський хребти, одночасно перевантаживши обидва підбасейни.

Транзитна та акумулятивна фази руху паводкової хвилі чітко простежуються нижче за течією. На посту р. Латориця - м. Сваляве, що

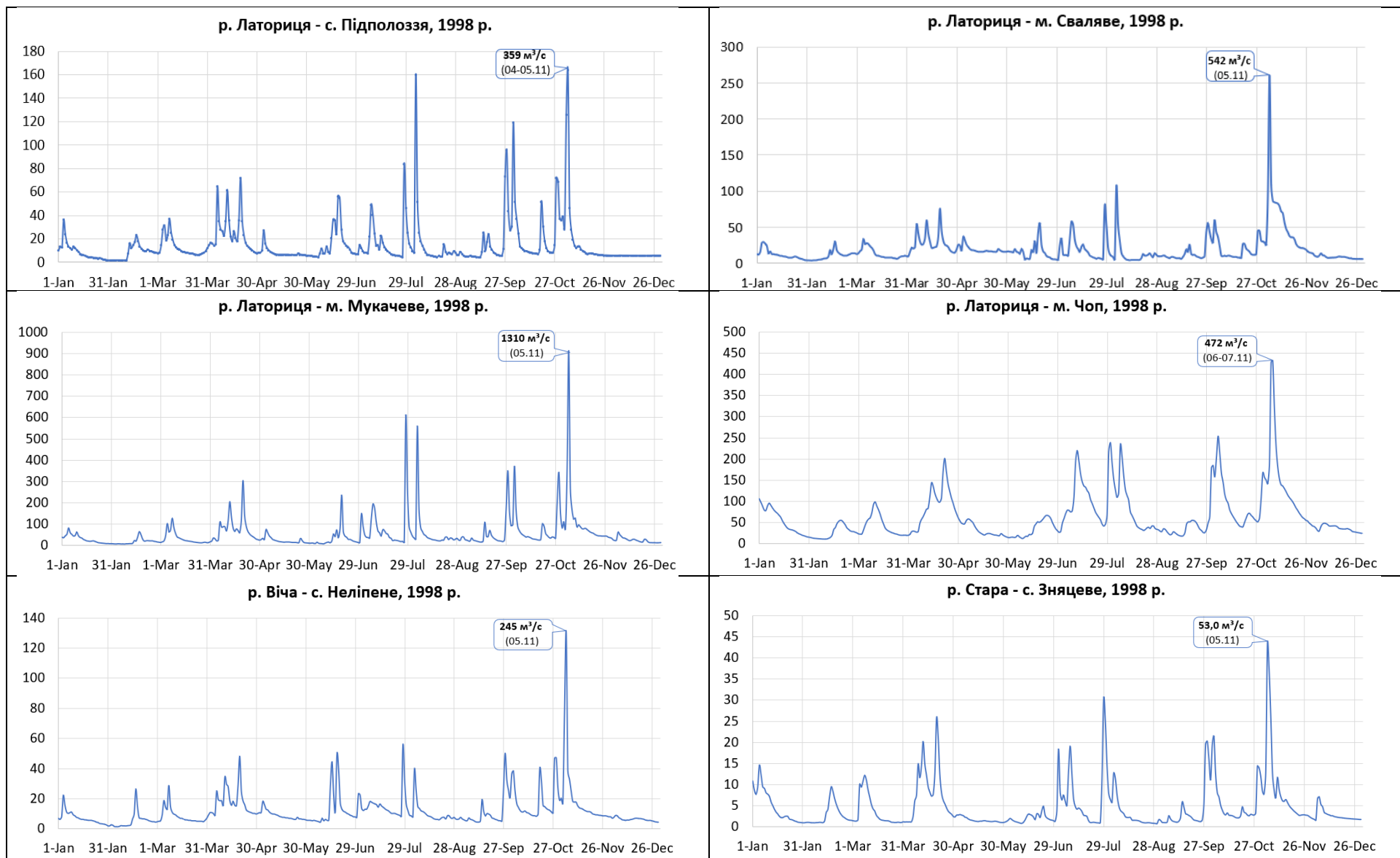


Рис. 3.4. Гідрографи стоку води на річках в басейні Латориці за 1998 рік

розташований нижче місця злиття з гірськими притоками, максимальний русловий пік зафіксовано 5 листопада і склав $542 \text{ м}^3/\text{с}$. Рухаючись далі вздовж головної долини, паводкова хвиля увібрала в себе води річки Віча та інших дрібних потоків. Саме 5 листопада на посту р. Латориця — м. Мукачеве було зареєстровано абсолютний максимум усього гідрологічного року та всього сучасного періоду спостережень — $1310 \text{ м}^3/\text{с}$. Графік у Мукачевому демонструє надзвичайно крутий, майже вертикальний підйом, що свідчить про миттєве добігання води з гірських схилів без суттєвої природної затримки. Цікаво, що передгірна притока р. Стара — с. Зняцеве також зреагувала 5 листопада, видавши свій локальний максимум у $53,0 \text{ м}^3/\text{с}$, що підтверджує загальнобасейновий характер метеорологічного фронту.

Найбільш цікава з наукової точки зору трансформація форми гідрографа відбулася під час виходу паводкової хвилі на Закарпатську низовину в районі замикаючого створу. На посту р. Латориця — м. Чоп екстремальний пік було зафіксовано із суттєвим запізненням — лише у період з 6 - 7 листопада 1998 року. Часовий зсув вершини гідрографа на добу порівняно з Мукачевим чітко відображає тривалість добігання хвилі по рівнинній ділянці зі значно меншими похилами русла. Крім того, на графіку в Чопі чітко видно розпластування вершини паводка: максимальна витрата склала лише $472 \text{ м}^3/\text{с}$, що майже втричі менше, ніж у Мукачевому. Така кардинальна втрата пікової потужності руслового стоку наочно підтверджує факт масштабного виходу води на заплаву через прориви захисних дамб, коли колосальний об'єм паводкової маси тимчасово акумулювався на рівнині, врятувавши нижні прикордонні створі від ще більшої катастрофи.

3.3. Методи розчленування гідрографів стоку та генетичного аналізу генезису паводків

Для реалізації завдань, пов'язаних із порівнянням паводків теплого та холодного періодів, а також оцінки їхньої частки у загальному річному об'ємі

стоку, застосовуються методи генетичного розчленування гідрографів. Графічний гідрограф річкового стоку, що відображає зміну витрат води в часі, є інтегральним відображенням різних джерел живлення річки, які необхідно чітко розмежувати. У межах цього дослідження часовий розподіл паводків здійснюється шляхом штучного поділу гідрологічного року на два макросезони: холодний період, що триває з листопада по квітень і характеризується талим та тало-дощовим живленням, та теплий період, що триває з травня по жовтень і формується виключно під впливом зливових опадів [1].

Методика генетичного аналізу передбачає виділення окремих паводкових хвиль на добових або середньогодинних гідрографах визначних років спостережень (зокрема, за сучасний період 1981–2023 рр.). Лінія відділення поверхневого паводкового стоку від підземного (базисного) живлення проводиться за методом Куделіна або за допомогою сучасних цифрових фільтрів, які згладжують базовий стік. Точки початку підйому паводкової хвилі та завершення її спаду, де русло повертається до режиму межені, фіксують тривалість паводка. Інтегрування площі, обмеженої гідрографом паводка та лінією базисного живлення за цей час, дозволяє розрахувати загальний об'єм паводкової хвилі у мільйонах кубічних метрів, який згодом зіставляється із загальним річним об'ємом стоку для визначення долі паводкового навантаження [30].

Статистичне оцінювання розбіжностей між паводками теплого та холодного періодів виконується за допомогою порівняння їхніх модульних значень та коефіцієнтів нерівномірності стоку, що дає змогу зробити обґрунтовані висновки про трансформацію генезису максимального стоку річки під впливом сучасних кліматичних тенденцій Карпатського регіону [13].

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІЗУ СУЧАСНОГО ВОДНОГО РЕЖИМУ ТА ОЦІНКА ПАВОДКІВ

4.1. Внутрішньорічний розподіл стоку річки Латориця в сучасних кліматичних умовах

Спільний аналіз розрахункових графіків внутрішньорічного розподілу стоку по місяцях у відсотках від річного об'єму (рис. 4.1, табл. 4.1) дозволяє чітко простежити та математично обґрунтувати загальнобасейнові та локальні інтразональні тенденції перерозподілу водності. Головною та найбільш вираженою закономірністю для всього басейну Латориці є чітка зміна фаз весняного водопілля та зимової межені, викликана глобальним потеплінням та зміною характеру опадів у холодний період року. На гістограмах абсолютно всіх шести досліджуваних постів фіксується однакова тенденція: помітне зростання частки стоку у зимові місяці (грудень, січень, лютий) та закономірне зниження відсоткового внеску традиційних місяців весняного сніготанення (березень, квітень).

Детальний розбір графіків дає змогу виявити геоморфологічні та висотні особливості цієї трансформації. У верхній гірській частині басейну, що репрезентована постами р. Латориця - с. Підполоззя та р. Латориця - м. Свалява: історичний максимум стоку чітко припадав на березень, коли танення снігу у високогір'ї забезпечувало понад 15% річного об'єму. У сучасний період (1991–2020 рр.) частка березня суттєво зменшилася, натомість частка січня та лютого зросла. Особливо наочно цей "зимовий зсув" видно на посту м. Свалява та в центральній частині басейну р. Латориця - м. Мукачеве, де сині стовпчики січня та лютого перевищують червоні історичні показники. Це є прямим доказом того, що через часті зимові відлиги сніговий покрив починає танути набагато раніше, провокуючи формування серій тало-дощових паводків посеред зими, що розмиває класичну межень холодного періоду.

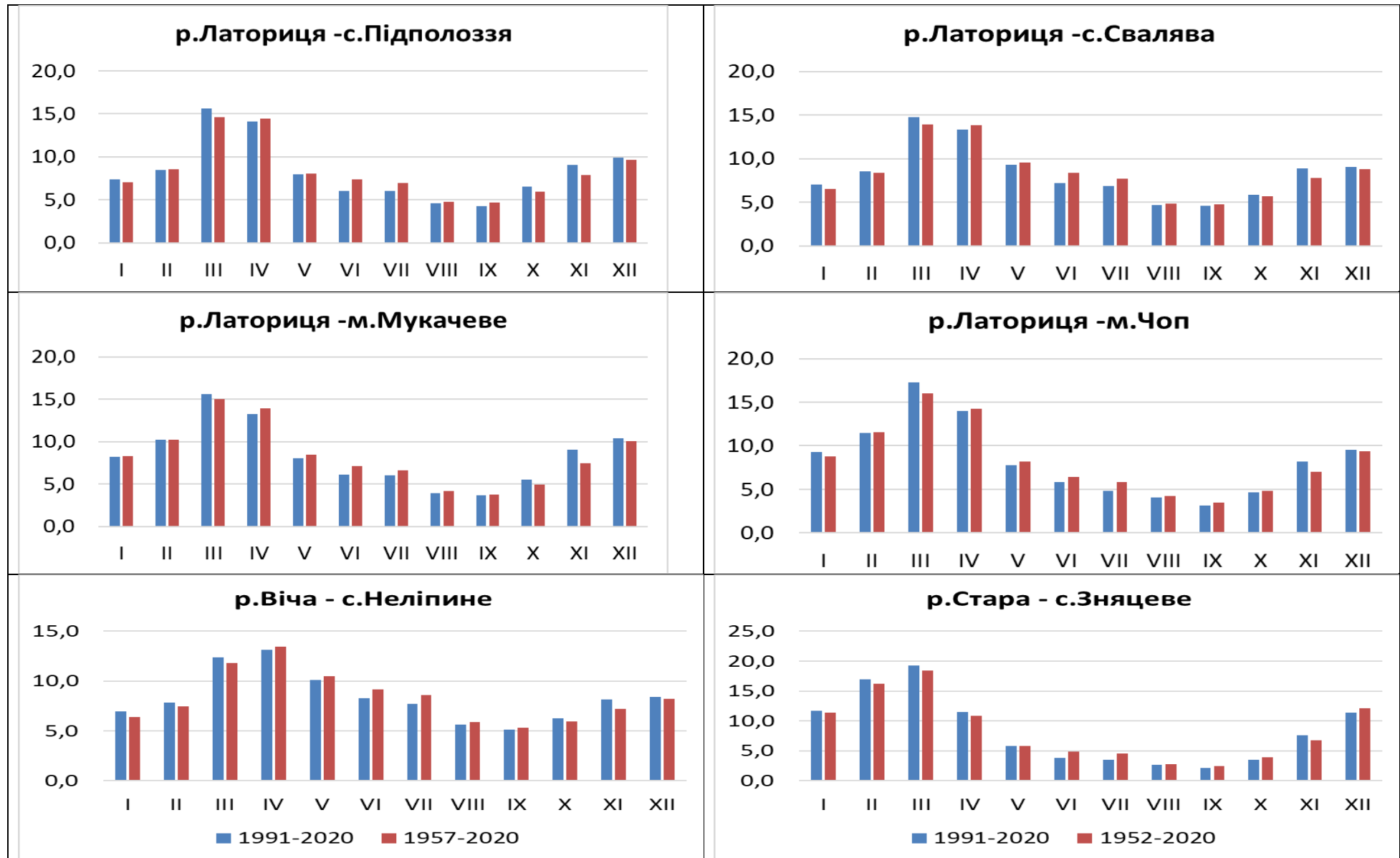


Рис. 4.1. Внутрішньорічний розподіл стоку по місяцях у відсотках від річного стоку

Таблиця 4.1

**Внутрішньорічний розподіл стоку по місяцях та сезонах від річного стоку на річках басейну Латориця за
весь період спостереження та у сучасний період**

Річка - пост	Період	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Весна	Літо	Осінь	Зима
р.Латориця - с.Підполоззя	1991-2020	7,4	8,5	15,6	14,1	8,0	6,0	6,1	4,6	4,3	6,5	9,1	9,9	37,7	16,7	19,8	25,8
	1946-2020	7,0	8,6	14,6	14,4	8,0	7,4	7,0	4,8	4,7	6,0	7,9	9,6	37,1	19,1	18,6	25,2
р. Латориця - с.Свалява	1991-2020	7,0	8,6	14,7	13,3	9,3	7,2	6,9	4,7	4,6	5,9	8,9	9,1	37,3	18,7	19,4	24,6
	1961-2020	6,5	8,3	13,9	13,8	9,5	8,3	7,7	4,9	4,7	5,7	7,8	8,8	37,2	20,9	18,2	23,6
р. Латориця - м.Мукачеве	1991-2020	8,2	10,2	15,6	13,3	8,1	6,1	6,0	4,0	3,7	5,5	9,0	10,4	36,9	16,0	18,2	28,8
	1946-2020	8,3	10,3	15,0	13,9	8,5	7,1	6,6	4,2	3,8	4,9	7,4	10,1	37,4	17,9	16,1	28,6
р.Латориця - м.Чоп	1991-2020	9,3	11,4	17,3	14,0	7,8	5,8	4,8	4,1	3,1	4,7	8,2	9,6	39,1	14,7	15,9	30,3
	1956-2020	8,8	11,6	16,0	14,2	8,2	6,4	5,8	4,2	3,5	4,8	7,0	9,4	38,4	16,5	15,3	29,7
р.Віча - с.Неліпине	1991-2020	7,0	7,8	12,4	13,2	10,1	8,3	7,7	5,6	5,1	6,3	8,1	8,4	35,7	21,6	19,5	23,2
	1957-2020	6,4	7,4	11,8	13,5	10,5	9,2	8,6	5,9	5,3	5,9	7,2	8,2	35,8	23,7	18,4	22,1
р.Стара - с.Зняцєве	1991-2020	11,7	17,0	19,3	11,5	5,8	3,9	3,5	2,7	2,1	3,5	7,6	11,4	36,7	10,0	13,2	40,1
	1952-2020	11,4	16,2	18,5	10,9	5,8	4,8	4,5	2,8	2,4	3,9	6,8	12,1	35,1	12,1	13,1	39,7

Цікаву регіональну специфіку демонструє високогірна притока р. Віча — с. Неліпине. На відміну від головного русла Латориці, де пік стоку припадає на березень, для басейну Вічі історично і сучасно найводнішим місяцем залишається квітень, що пояснюється значно вищими абсолютними відмітками Вододільного і Полонинського хребтів, де сніг утримується найдовше. Проте навіть тут сучасний період вніс свої корективи: частка березня і квітня помітно впала порівняно з базовим періодом (1957–2020 рр.), тоді як відсотковий внесок листопада, грудня, січня та лютого зріс. Це свідчить про те, що навіть високогірні притоки втрачають свою класичну снігову акумуляційну здатність, перетворюючи зимові опади на швидкий паводковий стік.

У нижній рівнинній течії на посту р. Латориця - м. Чоп та на передгірній правобережній притоці р. Стара - с. Зняцеве трансформація сезонів є найгострішою. На посту Зняцеве історично спостерігався дуже високий березневий пік (близько 20% річного стоку), оскільки на рівнині сніг танув швидко і дружно. У сучасний період на цьому посту зафіксовано найбільше зменшення водності березня та квітня з одночасним різким частки стоку в січні та лютому. Синій стовпчик лютого на посту Стара - с. Зняцеве практично має значення подібне до березневого, що вказує на фактичне зміщення початку весняного водопілля на місяць раніше.

Щодо літньо-осіннього періоду (травень–жовтень), то загальна басейнова тенденція вказує на утримання стабільно низької межени з мінімумом у серпні-вересні, де частка місячного стоку не перевищує 3-4 %. На більшості постів (Мукачеве, Чоп, Зняцеве) сині стовпчики літніх місяців є трохи нижчими або на рівні червоних, що свідчить про поглиблення літнього маловоддя через високе випаровування. Проте у червні та липні подекуди спостерігається незначне збільшення стоку, що пов'язано з інтенсифікацією локальних зливових паводків теплого періоду. Таким чином, сучасний внутрішньорічний розподіл стоку Латориці став значно згладженішим у весняно-зимовий період через раннє сніготанення, але більш екстремальним

та непередбачуваним у меженні місяці, що підтверджує загальний перехід річкової системи до дощового та тало-дощового типу живлення з високою паводковою амплітудою протягом усього року.

Відповідно даних табл. 4.1 можемо зробити наступні висновки:

- Зимою спостерігається загальнобасейнова тенденція до збільшення стоку. Частка зимового стоку зросла на всіх без винятку постах: від гірського Підполоззя (з 25,2% до 25,8%) до рівнинного Чопа (з 29,7% до 30,3%), а на притоці Віча — с. Неліпине приріст склав понад 1% (з 22,1% до 23,2%). Це підтверджує зміщення паводкової активності на зимові місяці через частіші відлиги.
- Весною зміни мають неоднорідний характер через внутрішньосезонний зсув. У горах (Підполоззя, Свалява, Неліпине) та на рівнинній притоці Стара загальна частка весни навіть дещо зросла або стабілізувалася (наприклад, на посту с. Зняцеве — з 35,1% до 36,7%) за рахунок різкого стрибка водності в березні. Проте в центральній та нижній течії головного русла (Мукачеве, Чоп) через стрімке зниження стоку у травні загальна весняна частка демонструє тенденцію до зменшення або незначного коливання.
- Влітку фіксується синхронне та відчутне маловоддя. Доля літнього стоку скоротилася абсолютно на всіх шести досліджуваних постах. Найбільш суттєве падіння водності спостерігається у гірській зоні: на посту с. Свалява — з 20,9% до 18,7%, а на р. Віча — с. Неліпине — з 23,7% до 21,6%. Це вказує на поглиблення та подовження літньої межени по всьому басейну.
- Осінь характеризується тенденцією до зростання частки стоку на більшості водозборів. Збільшення осіннього внеску зафіксовано на п'яти з шести постів (найбільше в Мукачевому — з 16,1% до 18,2%, та на Вічі — з 18,4% до 19,5%), що зумовлено активізацією дощових паводків у жовтні та листопаді. Лише на замикаючому посту м. Чоп та притоці Стара показники залишилися майже незмінними.

4.2. Порівняльний аналіз паводків теплого (зливових) та холодного (тало-дощових) періодів

4.2.1. Оцінка розповсюдженості та генезису екстремальних паводків за останні десятиліття

Генетичний аналіз умов формування максимального стоку в басейні річки Латориця за період 1981–2023 років дозволяє чітко розмежувати паводкові процеси за походженням та характером їхнього просторового поширення на водозборі. Паводки холодного періоду (листопад–квітень) за своїм генезисом є переважно тало-дощовими або суто дощовими, які формуються на фоні низької випаровуваності та високого попереднього зволоження ґрунту. Головною особливістю таких паводків у сучасних кліматичних умовах є їхня глобальна басейнова розповсюдженість. Коли потужний середземноморський циклон приносить теплі повітряні маси та тривалі дощі, процеси стокоутворення охоплюють одночасно всі шість досліджуваних гідрологічних постів від Підполоззя до замикаючого створу в Чопі [2].

Катастрофічні події листопада 1998 року, березня 2001 року та грудня 2017 року наочно демонструють саме такий масштабний характер генезису. Під час цих подій у верхній гірській частині (с.Підполоззя, м. Свалява) формувалися колосальні об'єми води, які транзитом рухалися вниз по долині, посилюючись стрімким добіганням із басейну річки Віча – с.Неліпино. Виходячи на Закарпатську низовину в районі Мукачєвого, ці паводкові хвилі трансформувалися у масштабні затоплення заплавної території, оскільки рівнинні притоки, такі як річка Стара - с. Зняцеве, через власне переповнення, не могло забезпечити бічну акумуляцію, що призводило до формування критичних заторів і підтоплень у районі міста Чоп [4].

На противагу цьому, паводки теплого періоду (травень–жовтень) мають виключно зливе походження і характеризуються високою просторовою мозаїчністю та локалізацією. Вони формуються під впливом конвективних

хмарних комірок або локальних фронтальних розломів, які скидають величезну кількість води на обмежену площу. У результаті в теплому періоді часто фіксуються ситуації, коли на посту р. Віча - с. Неліпино або р. Латориця – с. Підполоззя спостерігається стрімкий підйом паводкової хвилі з досягненням небезпечних відміток, тоді як на притоці Стара в районі Зняцьового чи навіть у головному руслі біля Чопа гідрологічна ситуація залишається в межах типової літньої межени [32]. Такі "паводки-спалахи" (flash floods) теплового періоду характеризуються надзвичайною стрімкістю: час підйому хвилі до піку може становити всього кілька годин, що створює колосальну загрозу для місцевої інфраструктури, хоча загальний об'єм води, винесений за межі басейну, є значно меншим, ніж під час зимових катастроф.

4.1.2. Порівняльний аналіз забезпеченості (P, %) максимальних витрат теплового та холодного періодів

Для детальної кількісної оцінки ступеня екстремальності паводків різного генезису в межах дослідження було виконано роздільний статистичний аналіз вибірок максимальних річних витрат води для теплового та холодного періодів за останні сорок років спостережень. Розрахунок емпіричної забезпеченості за формулою Критського-Менкеля дозволив встановити, що в сучасних кліматичних умовах паводки холодного періоду суттєво домінують за абсолютною величиною та повторюваністю у зоні низьких ймовірностей перевищення ($P < 5\%$). Це означає, що найбільш руйнівні, рідкісні паводки, які загрожують капітальним інженерним спорудам у басейні Латориці, формуються саме в осінньо-зимовий та ранньовесняний час [17].

Зокрема, порівняння кривих забезпеченості для створу Латориця - м. Мукачеве показує, що історичний максимум сучасного періоду, зафіксований у листопаді 1998 року із витратою 1310 кубічних метрів на секунду, мав емпіричну забезпеченість близько півтора відсотка і належав до

холодного періоду року. Водночас найбільші зливові паводки теплого періоду для цього ж створу рідко перевищують відмітку у шістсот-сімсот кубічних метрів на секунду, що відповідає забезпеченості понад десять-п'ятнадцять відсотків [11]. У гірських же створах, таких як Підполоззя та Неліпино, розрив між максимальними витратами теплого та холодного періодів є дещо меншим, що пояснюється колосальною інтенсивністю літніх злив у високогір'ї, які здатні на малих площах водозбору генерувати модулі стоку, співмірні із зимовими тало-дощовими процесами.

Проте аналіз динаміки забезпеченості за останні десятиліття виявив тривожну тенденцію: частота повторюваності паводків теплого періоду із забезпеченістю від двадцяти до п'ятдесяти відсотків суттєво зросла. Це свідчить про те, що хоча літні зливи поки що не здатні затьмарити історичні зимові катастрофи за загальним об'ємом винесеної води, вони стали проходити значно частіше. Гідрологічна система басейну Латориці перебуває у стані постійного паводкового пульсування, коли в холодний період формуються поодинокі, але надзвичайно потужні тало-дощові хвилі низької забезпеченості, а в теплий період — серії частих, локальних зливових підйомів середньої забезпеченості, що тримає протипаводкові служби в стані цілорічної напруги [33].

Порівняльний аналіз вибірок максимальних витрат води для теплого (зливового) та холодного (тало-дощового) періодів, представлених на зображенні рис. 4.2, дозволяє встановити чіткі генетичні закономірності формування екстремального стоку в басейні Латориці. Результати порівняння свідчать про абсолютне домінування паводків холодного періоду за показниками максимальної потужності. Це зумовлено тим, що синоптичні процеси холодного півріччя супроводжуються масштабними за площею облогами й зливами, які накладаються на процеси сніготанення та низьку інфільтраційну здатність перезволоженого або підмерзлого ґрунту, генеруючи значно вищі руслові витрати порівняно з локальними літніми дощами.

а)



б)



Рис. 4.2. Хронологічні графіки максимальних витрат води дощових паводків на р. Латориця – м. Мукачеве для паводків теплого періоду (а) та холодного періоду (б)

Аналізуючи зведені дані паводків теплого і холодного періодів за останні 40 років (табл. Б.1), можемо відмітити, що у гірської частини басейну р. Латориця - м. Мукачеве максимум зафіксований саме в холодний період і становить $1300 \text{ м}^3/\text{с}$ (1982 р.), тоді як у теплого періоду найбільше значення для цього поста досягло також $1310 \text{ м}^3/\text{с}$ (видатний паводковий рік, що

відповідає листопаду 1998 року), але в цілому середні значення холодного періоду в Мукачеві коливаються в межах 400–600 м³/с, що суттєво вище за теплі паводки, які здебільшого утримуються в діапазоні 200–350 м³/с.

Аналогічне співвідношення сил фіксується і на притоках та у верхів'ях головного русла. На посту р. Латориця — с. Підполоззя зимово-весняні максимуми сягають позначок у 256 та 257 м³/с, тоді як літні зливи переважно обмежуються величинами до 150–170 м³/с. Особливо яскраво ця різниця помітна по створу р. Латориця — с. Свалява, де синій масив містить екстремальні значення у 469 та 374 м³/с, значно перевищуючи типові літні злизові підйоми. Головна гірська притока р. Віча — с. Неліпине у холодний період здатна формувати витрати до 230 м³/с, тоді як у теплий період її злизові піки рідко долають відмітку у 100–110 м³/с.

Рівнинна частина басейну демонструє ідентичні тренди, але у більш згладженій формі. На замикаючому посту р. Латориця — м. Чоп та передгірній притоці р. Стара — с. Зняцеве синій масив холодного періоду характеризується стабільно вищими фоновими та піковими значеннями. Для Чопа максимуми холодного періоду сягають 501 та 540 м³/с, тоді як у помаранчевому теплому періоді більшість хвиль зрізаються ще на підходах до рівнини, не перевищуючи 200–300 м³/с. На притоці Стара пік холодного періоду становить 46,6 м³/спроти літніх значень, які зазвичай перебувають у межах всього 5–15 м³/с. Таким чином, статистичне зіставлення двох масивів даних дає змогу зробити однозначний висновок: паводки холодного періоду є головним фактором паводкової небезпеки в регіоні, оскільки вони суттєво переважають паводки теплого періоду за руйнівною силою, об'ємом винесеної води та амплітудою максимальних витрат.

4.2. Аналіз та типізація гідрографів стоку для років із визначними паводками

Детальний аналіз часової геометрії хвиль визначних паводків у басейні річки Латориця за останні десятиліття дозволяє виконати типізацію гідрографів стоку, що є критично важливим для інженерного моделювання протипаводкового захисту. За морфологічними ознаками, крутизною підйому, тривалістю утримання пікових рівнів та характером спаду паводкові гідрографи сучасного періоду (1981–2020 рр.) можна розділити на два основні типи: одновершинні з високою інтенсивністю динаміки та багатoverшинні з тривалим утриманням високої водності. Форма гідрографа безпосередньо залежить від просторово-часової структури випадіння опадів та синоптичної ситуації, яка їх зумовлює [15].

До першого типу належать переважно стрімкі паводки зливогого походження, характерні для теплого періоду року, а також раптові зимові талодощові підйоми води, викликані швидким таненням снігу під час різких температурних стрибків. Типовим прикладом такого одновершинного гідрографа з екстремальним піком є хвиля паводку у березні 2001 року. На гідрографах гірських постів Латориця — Підполоззя та Віча — Неліпино ця подія відобразилася у вигляді майже вертикальної лінії підйому, коли витрати води зросли від меженних значень до історичних максимумів за час, що не перевищував дванадцяти-вісімнадцяти годин. Спад такої хвилі у гірській частині також відбувається відносно швидко завдяки великим похилам русла, проте при виході на рівнинну ділянку біля міста Чоп форма гідрографа зазнає суттєвої трансформації, розпластуючись у часі через обмежену пропускну здатність обвалованого русла [5].

Другий тип представляє багатoverшинні гідрографи кумулятивного характеру, які формуються під час проходження серії послідовних циклонів із коротким інтервалом часу між ними. Найбільш яскравим і руйнівним прикладом такого типу є гідрограф історичного паводку в листопаді 1998 року.

Протягом цього місяця у басейні Латориці зафіксовано три послідовні хвилі підйому води, кожна з яких формувалася на фоні все глибшого попереднього зволоження водозбору. Гідрографи постів у Мукачевому та Чопі під час цієї катастрофи мали вигляд широких багатопікових плато, де високі, близькі до критичних витрати води утримувалися протягом кількох діб поспіль. Така форма гідрографа є найбільш небезпечною для захисних гідротехнічних споруд, оскільки тривале гідродинамічне та фільтраційне навантаження на протипаводкові дамби призводить до їхнього розмокання, суфзійного руйнування та масштабних проривів [2].

4.3. Оцінка частки об'єму стоку паводків від загального річного стоку річки Латориця

Кількісна оцінка генетичної структури водного балансу річки Латориця за період 1981–2023 років дозволила встановити реальний внесок паводкових процесів у формування сумарного річного об'єму стоку. Для гірських та передгірних річок Карпатського регіону паводковий стік виступає не просто тимчасовим екстремальним збуренням водного режиму, а його домінуючою складовою. Розрахунки, виконані шляхом інтегрування площ паводкових хвиль на добових гідрографах та їхнього зіставлення із загальними річними об'ємами води, показали, що доля паводкового стоку в басейні Латориці є аномально високою і демонструє тенденцію до подальшого зростання в сучасних кліматичних умовах [30].

Для верхніх гірських створів, зокрема для поста Віча — Неліпино та Латориця — Підполоззя, частка паводкового стоку від загального річного об'єму в середньому за досліджуваний період становить від 45 % до 60 %. У роки з надзвичайно високою паводковою активністю (такі як 1998, 2001, 2010 роки) цей показник досягав критичних 70-80% . Це означає, що понад дві третини всієї річної маси води проходить через річкову мережу верхів'їв у вигляді бурхливих, концентрованих у часі паводкових хвиль, сумарна

тривалість яких не перевищує 30-40 днів на рік, тоді як на решту триста з лишком днів припадає лише мала частина стоку меженних періодів [12].

Рухаючись вниз за течією до замикаючих створів у Мукачевому та Чопі, доля паводкового стоку дещо знижується, стабілізуючись на рівні 35-45 % у середні за водністю роки. Така просторова динаміка пояснюється процесами природної та штучної акумуляції води у заплавах Закарпатської низовини, а також включенням у водний баланс рівнинних приток, таких як річка Стара, де стік розподілений у часі рівномірніше. Проте виявлений за останні десятиліття кліматичний тренд до зсуву зимового стоку у бік паводкових підйомів призвів до того, що паводкова доля почала зростати і в нижній течії річки. Гідрологічна система Латориці дедалі більше трансформується у бік екстремального імпульсного режиму функціонування, коли практично весь річний стік скидається через серію короткочасних паводків, поглиблюючи маловоддя в періоди між ними, що створює серйозні виклики як для протипаводкового захисту, так і для систем стабільного водозабору в регіоні [34].

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра здійснено комплексне гідрологічне дослідження та виконано просторово-часову оцінку закономірностей формування й трансформації паводкового стоку в басейні річки Латориця під впливом сучасних кліматичних умов. На основі узагальнення теоретичних засад, обробки багаторічної гідрометричної інформації за період з 1945 по 2023 роки по шести опорних гідрологічних постах та аналізу сучасного періоду (1991–2020 рр.) сформульовано такі основні наукові та практичні висновки:

1) Аналіз світових та вітчизняних підходів до менеджменту паводкових ризиків показав докорінну зміну парадигми — перехід від концепції тотального інженерного захисту до інтегрованого управління ризиками затоплення на основі Паводкової Директиви ЄС 2007/60/ЄС. Для басейну Латориці, який має виражений транскордонний характер, критично важливим є досвід Словаччини та Угорщини щодо використання високоточних лазерних цифрових моделей рельєфу (лідарів) та двовимірного гідродинамічного моделювання (HEC-RAS, MIKE) для картографування загроз. Встановлено, що класичні вітчизняні інженерні методи, засновані на припущенні про стаціонарність гідрологічних рядів, у сучасних умовах потребують обов'язкової модернізації через наявність виражених кліматичних трендів, що й було реалізовано в роботі шляхом розподільного статистичного аналізу сезонів.

2) Розрахунки місячного та сезонного розподілу водності за сучасний кліматичний період (1991–2020 рр.) порівняно з багаторічним періодом виявили суттєве переформатування структури водного режиму по всій гідрографічній мережі басейну. По всіх шести досліджуваних постах зафіксовано синхронне збільшення частки зимового стоку (грудень–лютий). Найбільший відносний приріст водності взимку характерний для рівнинної притоки Стара – с. Зняцєве (де доля зими сягнула рекордних 40,1%) та р. Латориця – м. Мукачеве (28,8%). Основна фаза сніготанення змістилася з квітня на січень-лютий, через що весняний стік став більш раннім, а у сучасний період в січні та лютому впевнено

перевищують показники за багаторічний період. Водночас зафіксовано суттєве й повсюдне осушення літнього періоду (червень–серпень): на посту Свалява частка літа знизилась з 20,9% до 18,7%, а на р. Віча – с. Неліпине – з 23,7% до 21,6%, що свідчить про затяжний та дефіцитний характер сучасної літньої межени.

3) Роздільний статистичний аналіз максимальних витрат води для теплого (зливового) та холодного (тало-дощового) періодів дозволив спростувати гіпотезу про панівну роль літніх злив у формуванні найбільших катастроф. За абсолютною величиною, руйнівною силою та повторюваністю високих паводків забезпеченістю $P < 5\%$ паводки холодного періоду беззаперечно домінують на всіх водозборах. У створі м. Мукачеве пікові руслові витрати холодного періоду сягають $1300 \text{ м}^3/\text{с}$, тоді як максимумами теплого періоду переважно утримуються в межах $200\text{--}350 \text{ м}^3/\text{с}$. Літні зливові паводки мають високу просторову мозаїчність та локальний характер («паводки-спалахи»), у той час як тало-дощові процеси холодного періоду охоплюють басейн глобально, створюючи регіонально-локальний ефект при злитті головного русла з гірськими притоками (Віча, Пиня). Проте виявлено небезпечний сучасний тренд: частота проходження злизових паводків середньої забезпеченості влітку суттєво зросла, що тримає гідрологічну систему в стані цілорічного пульсування.

4) На основі детального аналізу гідрографів стоку за екстремальний 1998 рік повністю підтверджено, що цей паводок залишається найбільшим та найпотужнішим за весь сучасний період спостережень (1991–2023 рр.) у гірській та передгірній частинах басейну. Хронологічний рух паводкової хвилі чітко трансформується за даними постів: первинне формування відбулося 4–5 листопада у верхів'ях (Латориця – Підполоззя, $359 \text{ м}^3/\text{с}$) та на гірській притоці (Віча – Неліпине, $245 \text{ м}^3/\text{с}$), що призвело до концентрації стоку в руслі біля м. Свалява ($542 \text{ м}^3/\text{с}$). Свого абсолютного максимуму пікова хвиля досягла 5 листопада у створі Латориця – м. Мукачеве, зафіксувавши історичний екстремум на позначці $1310 \text{ м}^3/\text{с}$ з надзвичайно стрімкою кривою підйому.

5) Дослідження виявило унікальну просторову трансформацію екстремумів у нижній течії річки. На замикаючому прикордонному посту Латориця – м. Чоп у листопаді 1998 року руслова витрата склала лише 472 м³/с, поступившись паводку березня 2001 року (540 м³/с), попри те, що в горах паводок 1998 року був значно потужнішим. Зіставлення часової геометрії гідрографів довело, що у 1998 році через колосальний об'єм води відбулися масштабні прориви протипаводкових дамб на рівнинній ділянці між Мукачевим і Чопом. Величезна маса стоку вийшла на заплаву, внаслідок чого відбулося штучно-природне «зрізання» та розпластування вершини паводка, і до створу м. Чоп хвиля дійшла із запізненням на дві доби (6–7 листопада) та у суттєво зменшеному об'ємі руслового стоку. У 2001 році, навпаки, дещо менший гірський паводок утримувався в межах русла і транзитом пройшов до кордону, забезпечивши там вищий пік.

6) Кількісна оцінка частки паводкового стоку підтвердила, що для басейну Латориці паводки є визначальним чинником формування водного балансу. У гірській зоні (ГП Неліпине, Підполоззя) частка паводкового стоку становить від 45% до 60% сумарного річного об'єму, а в екстремально водні роки досягає 75–80%, перетворюючи річкову мережу на імпульсну систему. З огляду на виявлені тенденції до посилення нерівномірності стоку, довгострокові стратегії захисту Закарпаття повинні базуватися на впровадженні неструктурних методів Паводкової Директиви ЄС: ренатуралізації заплав, створенні польдерних зон для керованого затоплення, відновленні лісистості водозборів та модернізації транскордонних систем раннього попередження типу AIBS-ТИСА.

Результати проведеного аналізу, побудовані криві забезпеченості, типізовані гідрографи та виявлені сезонні закономірності мають безпосереднє практичне значення і можуть бути використані Басейновим управлінням водних ресурсів річки Тиса при розробці та коригуванні Планів управління ризиками паводків для суббасейну Латориці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кирилюк М. І. Гідрологічні процеси та характеристики стоку в басейні Тиси. Чернівці : Рута, 2001. 264 с.
2. Сусідко М. М., Лук'янець О. І. Карпатські паводки – явище закономірне. Закономірності формування паводкового стоку та методи його розрахунку. Київ : Ніка-Центр, 2004. 160 с.
3. Ободовський О. Г. Гідролого-екологічна оцінка руслових процесів (на прикладі річок України). Київ : Ніка-Центр, 2001. 274 с.
4. Гопченко Є. Д., Овчарук В. А. Формування максимального стоку води в басейні р. Тиса. Одеса : Екологія, 2008. 192 с.
5. Лук'янець О. І. Просторово-часові закономірності змін максимального стоку води річок Українських Карпат. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2012. Вип. 262. С. 98–109.
6. Ковальчук І. П. Геоекологічний аналіз річково-басейнових систем Закарпаття. Львів : Світ, 1997. 240 с.
7. Геренчук К. І. Природа Закарпатської області. Львів : Вища школа, 1981. 156 с.
8. Пастернак П. С. Водоохоронна роль лісів Українських Карпат. Ужгород : Карпати, 1984. 144 с.
9. Оліферчук В. П., Король М. М. Екологічні аспекти трансформації лісових екосистем та їх вплив на паводкову ситуацію в Карпатському регіоні. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2005. Т. 7. С. 112–119.
10. Черногала В. М. Антропогенні зміни гідрологічного режиму річок Закарпаття під впливом лісгосподарської діяльності. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2014. Вип. 48. С. 87–95.
11. Волощук В. М., Бойченко С. Г. Кліматичні зміни гарячих та вологих періодів у Карпатському регіоні. *Доповіді Національної академії наук України*. 2006. № 4. С. 106–112.

12. Мартазін Т. П. Метеорологічні чинники формування визначних паводків у басейні річки Тиса. *Гідрометеорологія і охорона навколишнього середовища*. 2010. Вип. 2. С. 45–53.
13. Скриник О. Я., Бойченко С. Г. Динаміка екстремальних атмосферних опадів в Українських Карпатах на зламі XX–XXI століть. *Геофізичний журнал*. 2018. Т. 40, № 5. С. 122–136.
14. Лук'янець О. І., Ободовський Ю. О. Гідрометеорологічні передумови формування тало-дощового стоку річок Закарпаття в сучасний період. *Український географічний журнал*. 2016. № 3. С. 18–26.
15. Соколова Г. В. Гідрографічні особливості та морфометричний аналіз річкових басейнів Закарпатської низовини. *Наукові записки Чернівецького університету. Серія: Географія*. 2011. Вип. 582. С. 74–81.
16. Розєров Ю. Б. Методологічні основи застосування статистичних методів у гідрологічних розрахунках. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2008. Т. 14. С. 45–52.
17. Гопченко Є. Д., Шакірзанова Ж. Р. Статистичні методи в інженерній гідрології: теорія і практика застосування. Одеса : Екологія, 2011. 216 с.
18. Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks. *Official Journal of the European Union*. 2007. L 288. P. 27–34.
19. Ободовський О. Г., Почаєвець О. О. Реалізація положень Паводкової Директиви ЄС в Україні: методичні аспекти та перші результати. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Географія*. 2015. Вип. 1. С. 12–18.
20. Samuels P., Gouldby B. Flood risk management – research and practice. London : CRC Press, 2009. 1042 p.
21. Koncsos L. Flood risk mapping and management practices in Hungary. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. 2011. Vol. 59, No. 3. P. 175–184.
22. Solín L., Skubčanová J. Methodology of flood hazard and flood risk mapping in the Slovak Republic. *Geografický časopis*. 2013. Vol. 65, No. 2. P. 115–133.

23. Ободовський О. Г., Корнієнко В. О. Транскордонні проблеми гідрологічних розрахунків у басейні річки Тиса. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2014. Т. 3 (34). С. 28–36.
24. Соколов Ю. В. Застосування ГІС-технологій для моделювання зон затоплення річкових басейнів. *Геоінформатика*. 2012. № 2. С. 61–68.
25. Brunner G. W. HEC-RAS River Analysis System: Hydraulic Reference Manual. Davis : US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, 2016. 537 p.
26. DHI. MIKE FLOOD: River and Floodplain Modelling System. User Manual. Hørsholm : DHI, 2014. 312 p.
27. Державні будівельні норми України. Визначення розрахункових гідрологічних характеристик: ДБН В.2.4-5:2012. [Чинні від 2013-01-01]. Київ : Мінрегіон України, 2012. 92 с.
28. Карпенко Н. І. Гідрологічні розрахунки: навчальний посібник. Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. 248 с.
29. Овчарук В. А. Методичні підходи до розрахунку максимального стоку води річок України за відсутності даних гідрометричних спостережень. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2015. № 16. С. 134–142.
30. Горбачова Л. О. Генетичний аналіз та моделювання внутрішньорічного розподілу стоку річок України. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2014. Вип. 265. С. 67–76.
31. Ободовський О. Г., Онуфрієнко Т. О. Часова трансформація внутрішньорічного розподілу стоку річок басейну Тиси під впливом кліматичних змін. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2017. Т. 2 (45). С. 34–42.
32. Лук'янець О. І. Статистичний аналіз та типізація екстремального паводкового стоку річок Українських Карпат. *Географія та туризм*. 2015. Вип. 32. С. 145–154.
33. Овчарук В. А., Гопченко Є. Д. Просторове моделювання характеристик максимального стоку води під час зливових паводків у Карпатському регіоні. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2019. Вип. 272. С. 82–91.

34. Сусідко М. М., Онуфрієнко Т. О. Оцінка паводкового потенціалу річкових басейнів Закарпаття за допомогою методів математичного моделювання. *Праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2003. Вип. 251. С. 114–125.

Додаток А

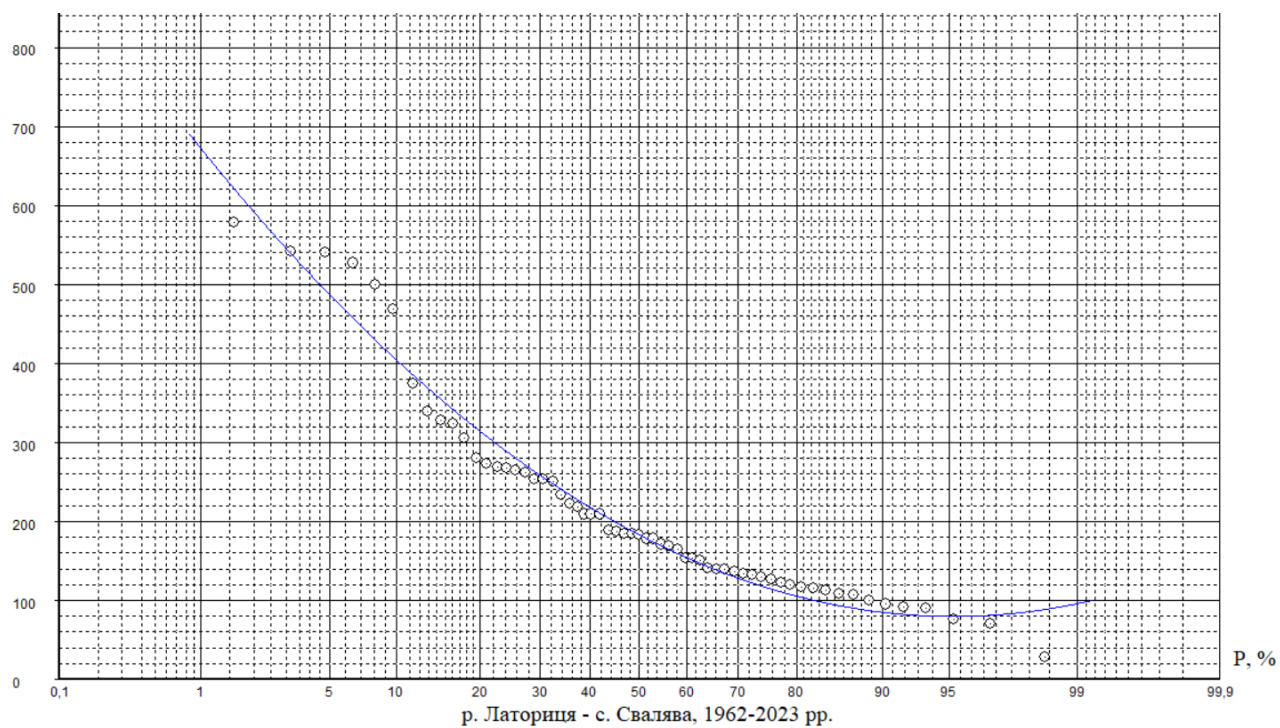
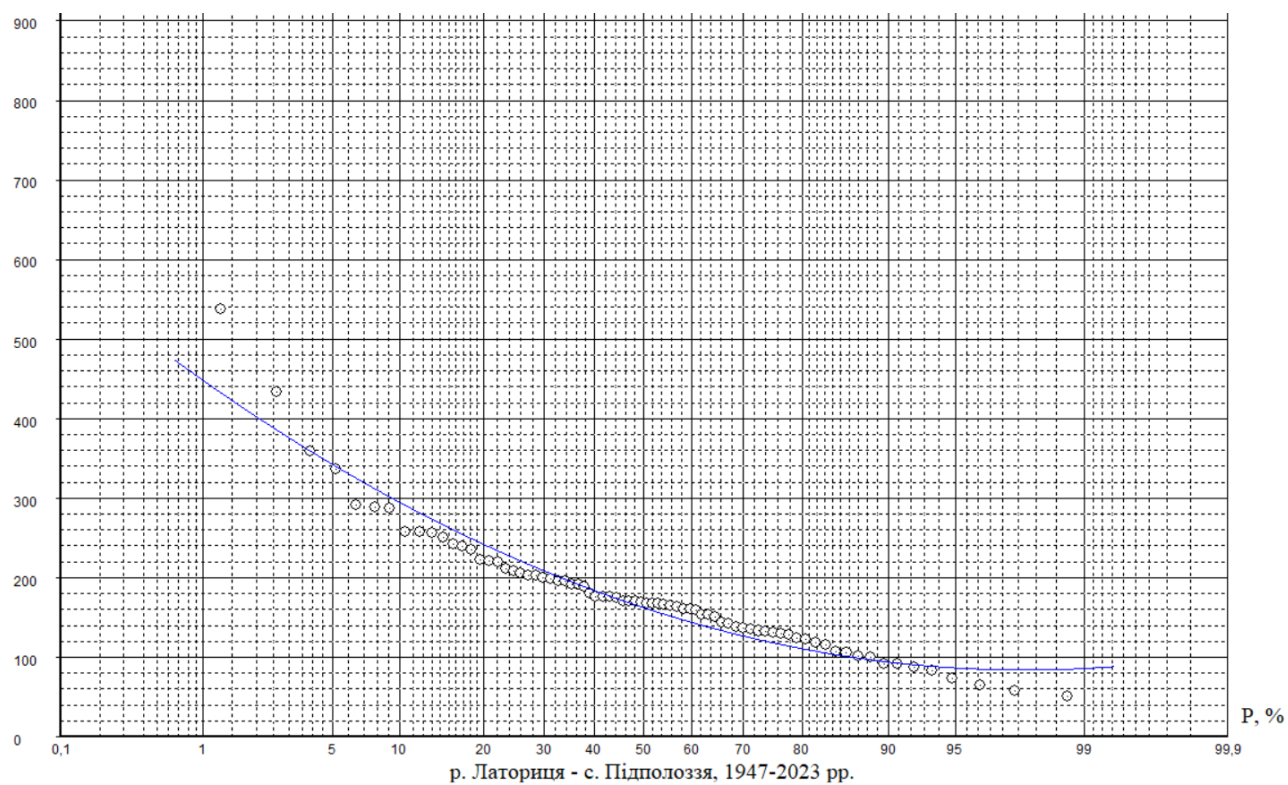


Рис. А.1. Емпіричні криві забезпеченості максимальних витрат води, аркуш 1

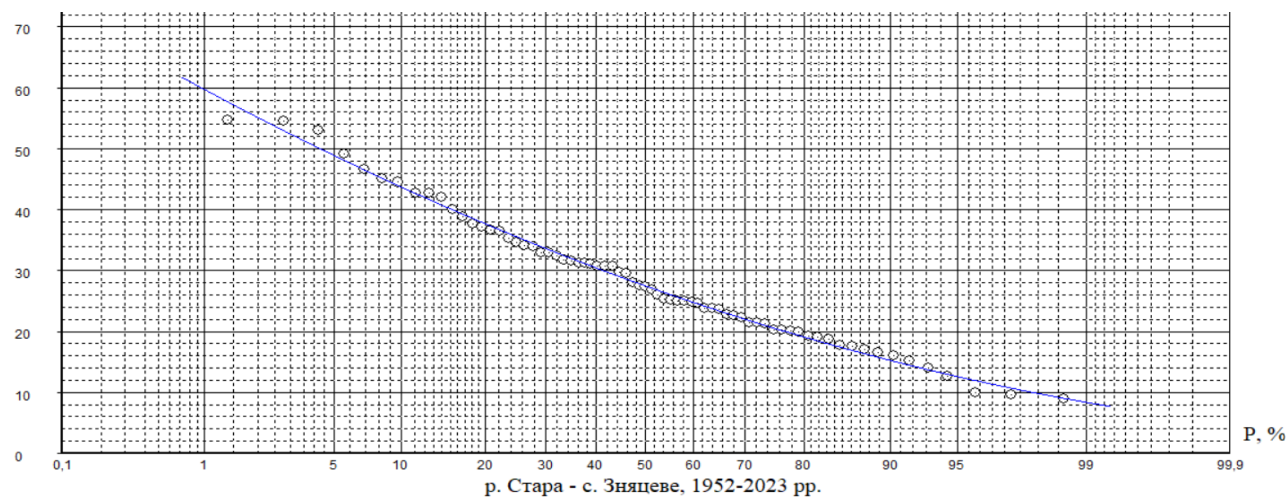
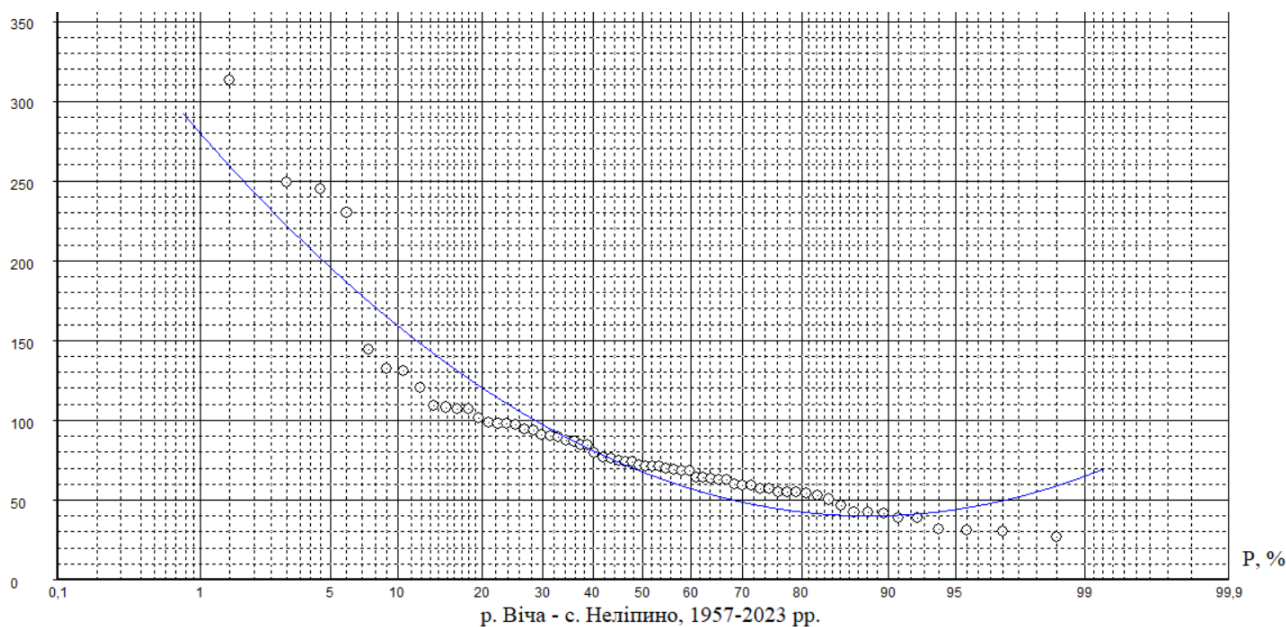
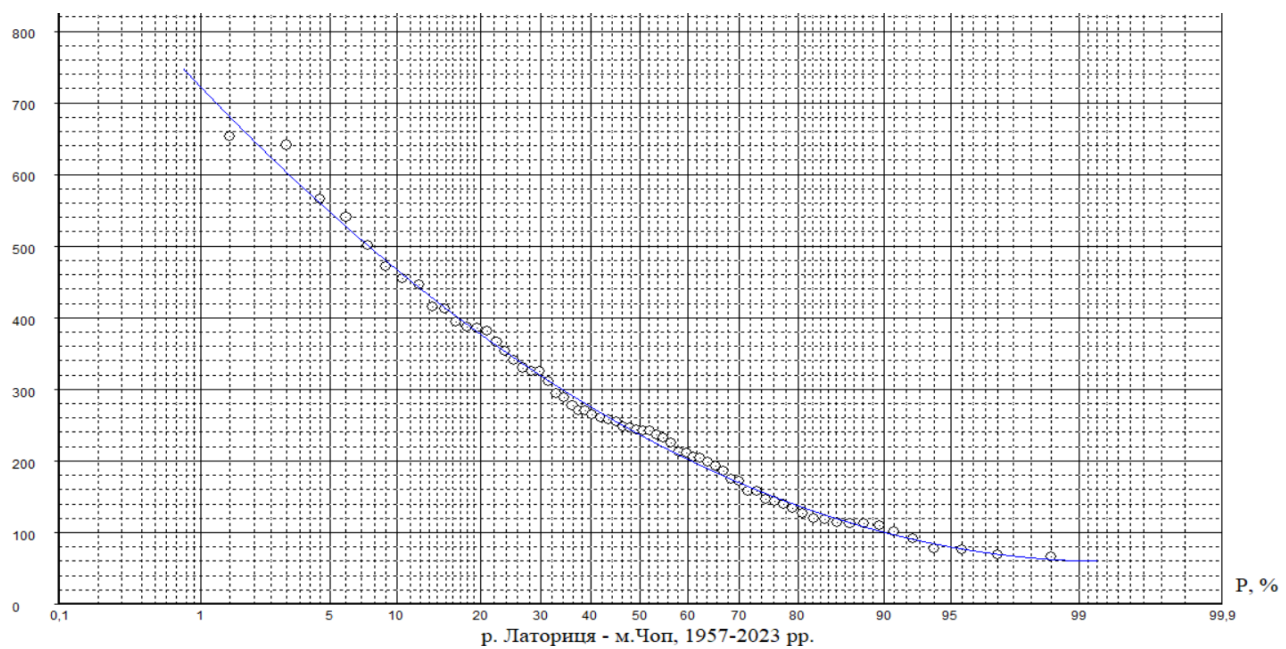


Рис. А.1. Емпіричні криві забезпеченості максимальних витрат води, аркуш 2

Додаток Б

Таблиця Б.1

**Спостережені строкові максимальні витрати води під час паводків на річках басейну Латориця
з 1981 р. по 2020 р.**

Рік	Латориця- с.Підполоззя	Латориця- г.Свалява	Латориця- м.Мукачеве	Латориця- м.Чоп	Віча- с.Неліпине	Стара- с.Зняцьово	Рік	Латориця- с.Підполоззя	Латориця- г.Свалява	Латориця- м.Мукачеве	Латориця- м.Чоп	Віча- с.Неліпине	Стара- с.Зняцьово
Максимальні строкові витрати води теплого періоду							Максимальні строкові витрати води холодного періоду						
1981	106	222	245	76	110	8,54	1981	126	266	194	174	32,3	14
1982	171	192	330	82,3	42,2	13,2	1982	256	469	1300	501	230	46,6
1983	102	195	360	187	80,4	14,2	1983	202	339	557	261	108	25,2
1984	144	222	380	126	107	12,6	1984	105	141	139	71	49,9	11,3
1985	166	193	440	224	144	15,8	1985	192	265	788	138	56,4	25,3
1986	82,1	75,8	393	198	68,7	21,6	1986	186	208	579	311	79,6	36,7
1987	61,4	85,3	319	74,6	47,7	8,05	1987	125	126	572	330	69	31
1988	133	99,7	398	97,6	46,2	18,3	1988	170	71,9	303	246	54,7	31,8
1989	157	136	533	298	59,3	38,8	1989	167	130	681	325	90	31,2
1990	124	90,2	200	59,5	31,6	11,7	1990	169	126	432	115	48,6	12,4
1991	115	96,8	170	58	56,6	6,53	1991	106	122	308	76,4	68,1	17,6
1992	337	500	813	238	120	14,9	1992	93,8	137	145	115	41,7	14,1
1993	44	111	106	57,2	50,6	1,17	1993	219	229	724	455	69,1	35,3
1994	132	115	341	62,7	59,6	8,19	1994	131	153	399	242	58,9	25
1995	110	68,2	621	257	68,5	31,2	1995	129	91,4	349	203	71,2	20,9
1996	154	28,7	164	61,3	76,6	13,6	1996	142	74,5	432	216	64,9	22,2

1997	137	141	355	87,4	89,2	12,9	1997	159	63	392	158	82,9	17,7
1998	359	542	1310	472	245	53	1998	64,3	40,3	146	109	35,4	17,3
1999	85,1	129	351	59,3	109	5,97	1999	83,6	106	263	386	39,8	37,7
2000	49,2	79,6	149	49,7	53,3	2,35	2000	136	132	387	341	90,6	27,5
2001	170	178	526	158	113	17,9	2001	257	374	952	540	131	42,8
2002	83,2	112	214	76,2	28,5	9,44	2002	204	250	527	193	77,7	23,6
2003	57,8	95	225	60,5	30,9	4,46	2003	44,2	58,6	119	112	24,2	17
2004	195	171	425	90,4	54,1	14,6	2004	103	103	221	213	34,1	20,1
2005	128	184	360	270	74,3	29,7	2005	88,2	87,0	205	219	43,6	22,3
2006	129	108	208	75,5	59,7	6,64	2006	151	151	415	382	68,3	22,3
2007	49,2	51,3	69,6	46,8	62,4	2,06	2007	206	273	616	211	98,6	26,9
2008	103	151	327	133	97	28	2008	242	234	330	132	89,1	13,1
2009	84	106	276	72,2	84,4	16,1	2009	178	187	475	185	71,1	25,4
2010	162	138	467	306	75,8	49,1	2010	164	134	502	232	61,6	32,4
2011	107	105	263	56,8	42,1	5,88	2011	211	209	621	412	84,4	32,0
2012	107	70,0	157	71,6	54,9	3,93	2012	176	154	549	175	73,9	21,5
2013	129	112	357	52,5	42,1	1,69	2013	167	140	449	186	35,7	44,5
2014	82,6	108	317	42,9	71,1	2,68	2014	39,6	64,8	174	69,2	31,3	9,00
2015	195	169	516	61,3	87,2	4,92	2015	66,2	68,0	114	66,5	25,8	10,0
2016	287	306	660	146	107	14,5	2016	175	224	515	144	69,2	19,1
2017	95,5	97,1	250	56,7	36,4	5,96	2017	88,0	77,3	253	209	42,9	34,1
2018	20,5	35,0	49,2	29,7	7,40	0,75	2018	191	178	565	366	75,8	32,2
2019	170	253	561	198	72,0	16,5	2019	47,5	122	139	53,3	26,4	6,36
2020	64,3	96,4	190	51,6	37,5	5,80	2020	54,1	140,0	217	134	31,0	18,8