

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

**ПРОСТОРОВЕ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ СЕЛЕВИХ ОСЕРЕДКІВ ТА
СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЇХ ПАРАМЕТРІВ В КАРПАТСЬКІЙ
ЧАСТИНІ БАСЕЙНУ РІЧКИ ДНІСТЕР**

Спеціальність 103 – Науки про Землю
Освітня програма «Гідрологія та інтегроване управління водними ресурсами»

студентка 2-го курсу магістратури
кафедри гідрології та гідроекології
Копейкіна Дарина Вадимівна

асистент кафедри гідрології та гідроекології,
к. геогр. н. **Москаленко Станіслав Олексійович**

Київ – 2026

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ТА ПРИЧИНИ	
ВИНИКНЕННЯ СЕЛІВ.....	6
1.1. Поняття про селеві потоки, умови і причини їх виникнення.....	6
1.2. Стадії формування, типи та види селевих потоків.....	9
Висновки до 1 розділу.....	12
РОЗДІЛ 2. ВИВЧЕНІСТЬ СЕЛЕВИХ ЯВИЩ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ.	
ПРОСТОРОВЕ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ СЕЛЕВИХ ОСЕРЕДКІВ В	
БАСЕЙНІ Р. ДНІСТЕР.....	14
Висновки до 2 розділу.....	20
РОЗДІЛ 3. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА	
КАРПАТСЬКОЇ ЧАСТИНИ БАСЕЙНУ Р. ДНІСТЕР.....	21
3.1. Геологічна будова та рельєф.....	22
3.2. Кліматична характеристика.....	24
3.3. Ґрунти та рослинний покрив.....	25
3.4. Гідрографія Карпатської частини басейну р. Дністер та особливості	
водного режиму її річок.....	26
Висновки до 3 розділу.....	30
РОЗДІЛ 4. ВИХІДНІ ДАНІ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	
4.1. Вихідні дані та формування статистичних сукупностей	
характеристик селевих потоків та їх басейнів.....	32
4.2. Візуалізація розподілу числових даних за допомогою гістограм	
частот, порядок їх побудови.....	33

4.3. Кореляційний аналіз даних, кореляційні зв'язки та оцінка ступеня їх тісноти. Кореляційна матриця.....	40
Висновки до 4 розділу.....	43
РОЗДІЛ 5. СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ СЕЛЕВИХ	
ОСЕРЕДКІВ КАРПАТСЬКОЇ ЧАСТИНИ БАСЕЙНУ Р. ДНІСТЕР	45
5.1. Аналіз та узагальнення гістограм розподілу характеристик селевих потоків та їх водозборів, інтерпретація отриманих результатів.....	45
5.2. Виявлення взаємозв'язків між характеристиками селевих потоків та їх басейнів на основі кореляційного аналізу.....	55
Висновки до 5 розділу.....	59
ВИСНОВКИ.....	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63
ДОДАТКИ.....	69
ДОДАТОК А Вихідні дані: характеристики селевих осередків карпатської частині р. Дністер.....	70

ВСТУП

Актуальність теми. Селеві потоки — це небезпечні гідрологічні та геоморфологічні процеси, характерні для гірських територій через їхню раптовість, високу руйнівну силу та здатність переносити великі уламкового матеріалу. У Карпатах, внаслідок зливових паводків, селі формуються швидко, завдаючи шкоди інфраструктурі, дорогам, сільськогосподарським угіддям та забудованим територіям. Вивчення умов формування, поширення та параметрів селевих осередків є критично важливим для оцінки ризиків та управління безпекою гірських водозборів. Актуальність дослідження також зумовлена необхідністю узагальнення просторового розповсюдження селевих осередків у карпатській частині басейну р. Дністер, кількісної оцінки їх параметрів, взаємозв'язків між характеристиками селевих потоків та їх водозборів, виявлення найхарактерніших рис селевих осередків. Результати роботи мають високу наукову та практичну цінність для аналізу селевої небезпеки та розробки протиселевих заходів у досліджуваному регіоні.

Об'єкт дослідження — селеві осередки карпатської частини басейну річки Дністер.

Предмет дослідження — просторові особливості розміщення селевих осередків та статистичні характеристики параметрів селевих потоків і їх басейнів у карпатській частині басейну р. Дністер.

Мета роботи — дослідити просторове розповсюдження селевих осередків у карпатській частині басейну річки Дністер та виконати статистичний аналіз їх основних параметрів для виявлення характерних рис селеформування і взаємозв'язків між показниками селевих потоків та їх басейнів.

Метою роботи зумовлено виконання наступних завдань:

- 1) розглянути поняття про селеві потоки, основні умови та причини їх виникнення, а також стадії формування, типи й види селевих процесів;
- 2) проаналізувати стан вивченості селевих явищ в Українських Карпатах та узагальнити відомості про просторове поширення селевих осередків у басейні р. Дністер;
- 3) охарактеризувати фізико-географічні умови карпатської частини басейну р. Дністер, зокрема геологічну будову, рельєф, кліматичні умови, ґрунтово-рослинний покрив, гідрографічну мережу та особливості водного режиму річок;
- 4) сформувати вихідні статистичні сукупності параметрів селевих потоків та їх басейнів, виконати групування даних і побудувати гістограми розподілу досліджуваних характеристик;
- 5) провести кореляційний аналіз між основними характеристиками селевих потоків і їх водозборів, оцінити напрям і ступінь тісноти виявлених зв'язків та інтерпретувати отримані результати.

Вихідні матеріали. Основою для виконання роботи слугували дані експедиційних спостережень Українського гідрометеорологічного інституту та гідрографічної партії Центральної геофізичної обсерваторії. Матеріали містять інформацію про селеві осередки карпатської частини басейну р. Дністер, зокрема географічні координати замикаючих створів, назви водотоків із зафіксованими селевими проявами, а також кількісні характеристики селевих потоків та їхніх басейнів.

Методи дослідження – картографічний аналіз, ГІС-технології, методи математичної статистики (зокрема, гістограми, кореляційний аналіз).

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

РОЗДІЛ 1

ОСНОВНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ТА ПРИЧИНИ ВИНИКНЕННЯ СЕЛІВ

1.1. Поняття про селеві потоки, умови і причини їх виникнення

Термінологія, що пов'язана з селевими потоками (селями), відповідно до сучасних досліджень, увійшла до наукової лексики в 19 столітті, коли почали активно вивчати їх природу та наслідки. Прийнято вважати, що перші наукові описи селевих потоків належать швейцарським та італійським вченим, які аналізували подібні явища в Альпах. Термін «селя» (від араб. سيل) – «*бурхливий потік*»).

Селеві потоки (селі) – це гірські гідродинамічні явища, які характеризуються раптовим і короткочасним стоком суміші води та великої кількості твердої фракції (грунту, уламків гірських порід, каміння, деревини) з гірських або передгірських схилів в русла водних потічків та річок (рис. 1.1).



Рис.1.1. Селеві потоки в Карпатах

Вони мають значну транспортувальну здатність і можуть завдавати руйнувань населеним пунктам та інфраструктурі (рис. 1.1).

Основними умовами їх утворення є наявність від помірних до дуже крутих схилів, значного запасу легкорозмивного матеріалу на схилах (зруйновані деревостани, розрихлені ґрунти або залишки старих осередків селевих потоків) та надзвичайно інтенсивні зливи або стрімке танення снігу. Тобто, для формування селевих потоків потрібне одночасне поєднання двох груп факторів:

- *геоморфологічних*: крутизна схилів і наявність достатнього запасу наносного матеріалу (наприклад, попередні зсуви, розмиви, накопичені терикони тощо);

- *гідрометеорологічних*: рясні тривалі дощі (часто конвективного характеру з інтенсивністю близько кількох десятків мм/год) або стрімке потепління, що призводить до швидкого танення снігу. Роль кліматичних умов посилюється через зміну клімату, оскільки спостерігається зростання частоти екстремальних злив та аномально теплих відлиг, що призводить до підвищення інтенсивності селевих потоків у гірських районах [1; 3; 12].

Антропогенні чинники суттєво знижують поріг виникнення селевих потоків. Руйнівні наслідки спостерігаються там, де вирубка лісу або надмірний випас худоби призвели до руйнування кореневої системи на схилах, розпушування ґрунту та зменшення його міцності. Техногенні заходи (гірничовидобуток, будівництво доріг, кар'єрів, котеджних забудов) можуть також знизити стійкість схилів: перевантаження їх спорудами, порушення дренажу, осушення чи навпаки, підпір ґрунтових вод спричиняють підвищення ерозійного навантаження. Приклади показують, що водосховища та загатні греблі можуть спричиняти збільшення стоку, хоча їхній вплив на ерозійне навантаження вимагає подальших досліджень. Виявлено, що селеві потоки найчастіше виникають у тому разі, якщо впродовж кількох годин випадає 30–100

мм опадів [3]. При цьому навіть помірні опади (30–40 мм) можуть спровокувати селевий потік, якщо на схилі сформована висока концентрація розкришених порід або якщо попередні зливи вже наситили ґрунт. Наприклад, масовий селевий потік на Тернопільщині 18 червня 2024 р. стався при сумі опадів ~30 мм за день, але їхня інтенсивність і локальність, а також наявність попередньо розпушених ґрунтів, зробили його катастрофічним.

Селеві потоки формуються тільки при певному поєднанні високих зовнішніх навантажень (опадів/танення) і внутрішньої готовності схилу. Якщо одна з умов відсутня (наприклад, нема достатньої кількості виносного матеріалу на схилі або опади не досягли критичної інтенсивності), селевого потоку може не бути. Таким чином, селевий потік є багатофакторним явищем. Сучасні дослідження в Карпатах (українські географи та геологи) вказують, що регіональні відмінності в частоті селевих потоків залежать від геології (наприклад, незцементовані опади менше переносять породи на дерновий покрив, ніж щільні пісковики флішу), від покриття рослинністю та від рівня антропогенної дестабілізації схилів.

Лише 0,5% території Карпат (найнижчі долини) знаходяться під мінімальним ризиком; найбільш небезпечні схили Передкарпаття і Західних Карпат, де інтенсивно падають дощі і легкі породні відклади [4; 5].

Антропогенні фактори заслуговують окремої уваги. Ліси на схилах стримують поверхневий стік та утримують ґрунт, їх вирубування полегшує переміщення матеріалу потоками. Інтенсивне випасання худоби руйнує дернину, сприяє ерозії. Будівництво доріг і техногенне порушення схилів змінюють природний розподіл поверхневого стоку, що під час сильних дощів підвищує ризик зсувів і селевих потоків. Історичні приклади показують, що після значних лісозаготівель та безконтрольного випасу частота селевих потоків збільшувалася. Сучасні дослідження підтверджують: найважливішими локальними тригерами

селевих потоків є руйнування урвищ ґрунту людиною та навантаження схилів (наприклад спорудами), часто у поєднанні з посиленими інтенсивними опадами [3; 4; 16]. Знищення дернового покриву у верхів'ях річок Карпат (незаконні вирубки, випас), навіть, за звичайної літньої зливи може обернутися селом. Навпаки, насадження штучного покриву (лісосіяння) і інженерна фіксація ґрунтів (стіни, габіони) зазвичай знижують цю небезпеку.

1.2 Стадії формування, типи та види селевих потоків

Процес розвитку селевого потоку можна умовно розділити на кілька стадій їх формування.

На початковій стадії формується запас уламкового матеріалу в результаті вивітрювання порід та дії ерозійних процесів: у верхів'ях гірських схилів балок і ярів відбувається накопичення твердого матеріалу уламків гірських порід від глинистих часток до великих валунів та каміння. Іноді буває накопичення льоду (у разі льодовикових селів)

Далі настає *тригерний етап*: інтенсивні зливи або стрімке танення снігу змивають фракції від глинистих часток і піщинок до великих каменів, перемішуючи їх із водою та формуючи рухому масу. Починається *активне транспортування* уламкового матеріалу вниз по схилу в русла річок.

Після потрапляння твердої маси в русло водотоку починається активний *рух селевого потоку*. Треба зазначити, що рух селевого потоку якісно відрізняється від інших руслових процесів у гірських річках і, в першу чергу, від водних потоків, значно більшою насиченістю твердим матеріалом, що складає 15-60% та може більше об'єму селевого потоку. Ця маса швидко *гуртується у потік*, який рухається вниз по руслу або відкритому схилу з дуже великою

швидкістю (3–10 м/с і більше), руйнуючи по дорозі все на своєму шляху (дерева, берегоукріплення, споруди).

На *заклучній стадії* потік сповільнюється нижче за течією, коли втрачається нахил схилу при цьому зменшується енергія руху; більша частина наносів та уламкового матеріалу відкладається біля переходу з гір в рівнину, формуючи селевий конус виносу (осадову пелену) з гравійно-алевритово-суглинковим складом. Такі відклади селевих конусів можуть мати значну площу, об'єм виносу та товщину твердого матеріалу. А це впливає на переформування рельєфу і використання території.

Таким чином, уявна *послідовність стадій* процесу розвитку селевого потоку така:

НАКОПИЧЕННЯ → ЗМИВ → ПЕРЕНЕСЕННЯ → ВІДКЛАДЕННЯ.

Аналізуючи основні стадії формування селевих потоків, можна виділити основні умови утворення селів у руслах річок:

1) у селевих басейнах повинна бути накопичена достатня кількість уламкового матеріалу (пухкої гірської породи);

2) для виникнення інтенсивного схилового змиву накопиченого уламкового матеріалу і утворення руслового селевого потоку повинно бути випадання значної кількості опадів у вигляді дощу або інтенсивного сніготанення;

3) наявність такого нахилу прилягаючих схилів і самих селевих русел, який забезпечує можливість здвигу та подальшого транспортування селевої маси.

Існує різноманітні класифікації селевих потоків (селів).

За поширенням та морфологією селевих потоків їх часто класифікують на кілька типів (видів).

З погляду *механізму зародження* розрізняють три основні типи:

- ерозійно-ініційовані (виникають у глибоких ярах і ущелинах під час злив);
- проривні (наслідок розмиву чи руйнування природних чи штучних перешкод – поперечок, заплавних валів чи лавинних завалів, що спричиняє раптовий викид води й уламків);
- обвально-зсувні (причиною є обвал великих мас порід або зсув ґрунту на крутих схилах; піднята маса водою з нижніх ярусів теж утворює селевий стік).

У Карпатах домінують ерозійні селеві потоки внаслідок рекордних злив, хоча після землетрусів чи великих зсувів можуть виникати проривні чи обвально-зсувні селеві явища.

За фізичними ознаками селеві потоки поділяють на

- водонасичені (переважно рідинні, з великою часткою води; характеризуються вищою швидкістю руху та меншою концентрацією твердих частинок);
- змішані (щільні потоки з води, піску та гравію, які мають комбіновані властивості);
- густі суспензії (майже суцільні потоки щільного твердого матеріалу з мінімальним вмістом води; рухаються повільно, але мають надзвичайну руйнівну силу).

Ще одна класифікація базується на *співвідношенні твердих частинок і води*. За обсягом *твердого матеріалу* виділяють:

- слабоселеносні потоки (характеризуються незначною кількістю відкладів, типові для зливових явищ);
- середньоселеносні потоки (утворюються в зонах інтенсивного вивітрювання та ерозії з підвищеним вмістом дрібнозернистого матеріалу, зокрема, шламу).

За формою русла вирізняють каналні селеві потоки, що рухаються чітким жолобом яра, та розпливчасті (фанові), які виходять із балок на рівнину і утворюють розгалужені осади (селеві конуси).

За походженням матеріалу – поверхневі (змив гірських порід і ґрунту на схилі під впливом води) і ґрунтово-скельні (з участю великих каменів із зсувів).

Типовий селевий потік утворюється в результаті поєднання: надвеликого гідрологічного навантаження (злива чи танення), нестійкого сипучого матеріалу на схилі, поганої здатності схилу затримувати воду (мала пористість, слабе ускладнення поверхні, брак рослинності), іноді – додаткового «поштовху» у вигляді руйнування перешкоди чи раптового зсуву.

Типи селевих потоків у горах світу часто відрізняються деталями: наприклад, в Альпах селеві потоки можуть підживлюватися танучими льодовиками та штормовими дощами з Атлантики, а в Балканах – поєднанням сезонних злив із нестабільними осадовими гірськими породами. Але фундаментально всі гори потребують тих же найбазовіших причин, які вже перелічено: крутий схил, розгрузка гірської товщі, сильні опади чи танення, низька стійкість порід та втручання людини.

Висновки до 1 розділу

Селеві потоки (селі)– раптові, короткочасні, бурхливі, стрімкі гірські потоки, що складається з суміші води і величезної кількості уламків гірських порід (від глинистих та піскових часток до великих валунів та каміння), який рухається з великою швидкістю та призводить за відносно короткий проміжок часу до значних змін русла водотоку та формує специфічні відклади (селеві конуси) в результаті розпаду селевої суміші або припинення її руху.

Процес утворення та розвитку селевого потоку можна умовно розділити на кілька стадій: НАКОПИЧЕННЯ уламкового матеріалу гірських порід → його ЗМИВ зі схилів унаслідок інтенсивних злив або стрімкого танення снігу з активним транспортуванням уламкового матеріалу вниз по схилам в русла річок → ПЕРЕНЕСЕННЯ або активний рух твердої маси селевого потоку в руслах водотоків → через зменшення нахилу русла водотоку відбувається ВІДКЛАДЕННЯ уламкового матеріалу у вигляді селевих конусів виносу.

Для виникнення селевого потоку необхідне одночасне поєднання умов: наявність достатнього джерела води (внаслідок випадання значної кількості опадів), великої кількості пухкої гірської породи та відповідного рельєфу, який має такі нахили селевих русел та прилягаючих схилів, який забезпечує можливість здвигу та подальшого транспортування селевої маси.

Існує різноманітні класифікації селевих потоків (селів): за поширенням та морфологією, за механізмом зародження, за обсягом твердого матеріалу, за фізичними ознаками, за формою русла, за походженням матеріалу тощо.

РОЗДІЛ 2

ВИВЧЕНІСТЬ СЕЛЕВИХ ЯВИЩ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ. ПРОСТОРОВЕ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ СЕЛЕВИХ ОСЕРЕДКІВ В БАСЕЙНІ Р. ДНІСТЕР

Перші згадки про потужні паводки в Україні датуються XII століттям. Описи їхніх наслідків дають підстави вважати, що ці потоки були селевими. Проте до початку XX століття систематизованих даних про селі не існувало. Виняток становили лише фрагментарні відомості у працях Л. Бартницького, Т. Зубрицького та П. Курілова. Спеціалізовані дослідження селевих явищ в Україні розпочалися лише в середині 50-х років XX століття [33; 34].

Систематичне вивчення селів в Україні розпочалося у 1954 році завдяки співпраці Управління гідрометеорологічної служби (УГМС УРСР) та Інституту мінеральних ресурсів АН УРСР. Перші дослідження селевих потоків у гірських районах здійснила ініціативна група кримських вчених у складі Б. М. Іванова, А. М. Оліферова та Б. М. Гольдіна. Масштабні польові рекогносцирувальні роботи дозволили їм дійти висновку про інтенсивний прояв селевих процесів у Криму та нагальну потребу в розробці заходів боротьби з ними.

Після руйнівних селів, що пройшли південно-східним Кримом у 1956 році, у 1957 році в Сімферополі відбулася перша в Україні спеціальна конференція, присвячена питанням вивчення селевих потоків та боротьби з ними. Паралельно Гідрометслужба проводила спостереження в Карпатах, результати яких на цій конференції представили М. Каганер та М. Айзенберг (останній після 1957 р. опублікував низку праць із характеристики карпатських селів). Одночасно з підрозділами Гідрометеослужби у вивченні селів брало участь Міністерство

геології України, зокрема відділ карстології і селів Інституту мінеральних ресурсів під керівництвом Б. М. Іванова.

У 1957 році на основі проведених робіт здійснено районування Карпат і Криму за типом селеформування та рівнем небезпеки. За десятирічний період фахівці накопили фактичний матеріал, створили кадастр та перші карти селеактивних зон. Водночас поза увагою залишався кількісний аспект явища, а знання про селеформуючий матеріал мали поверхневий характер через дефіцит систематизованих даних.

Згодом, у 60–80-х роках минулого століття, дослідженням селів у Карпатах займалися М. М. Айзенберг, А. М. Оліферов, В. В. Яблонський, С. М. Лундін, О. С. Тіщенко та ін. У 1990 році було розроблено «Настанову селестоковим станціям та гідрографічним партіям. Організація та проведення робіт з вивчення селів».

На початку 2000-х років проведено науково-дослідні роботи та створено системи прогнозування селевих явищ у басейнах Тиси, Пруту і Дністра [1; 34]. Ці питання, зокрема умови формування, поширення селів та заходи протиселевого захисту, ґрунтовно висвітлили у своїх працях В. Ф. Грищенко, Т. В. Маслова, М. М. Сусідко, О. І. Лук'янець, А. В. Щербак та ін.

Просторове поширення селевих осередків у карпатській частині басейну р. Дністер досліджено з використанням ГІС-технологій [1; 33]. Це важливий науковий підхід, оскільки використання ГІС-технологій дозволяє систематизувати дані експедицій і змодельовати зони ризику (виділити річкові басейни, де часто відбуваються селі). Основою стали географічні координати замикаючих створів селів, які були зафіксовані під час експедицій Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту та гідрографічної партії Центральної геофізичної обсерваторії.

Географічні координати місцеположення замикаючих створів селевих осередків в карпатської частині р. Дністер подано в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

**Географічні координати місцезнаходження замикаючих створів селевих осередків в
карпатській частині р. Дністер**

Індекс селевого басейну	Назва водотоку, де утворився сель	Місцезнаходження замикаючого створу селя: географічні координати	
		широта	довгота
1	2	3	4
0101001	Занів	49°09'56"	23°23'10"
0101002	Лісний	49°09'49"	23°22'44"
0101003	Снозів	49°09'36"	23°22'15"
0101004	Щепник	49°09'55"	23°20'28"
0101005	Красич	49°10'00"	23°20'05"
0101006	Без назви 4	49°12'39"	23°15'23"
0101007	Граничний	49°12'49"	23°13'48"
0101008	Глибокий	49°13'10"	23°13'45"
0101009	Князівський	49°13'33"	23°12'04"
0101010	Залокотець	49°13'18"	23°10'21"
0101011	Хитар	49°12'31"	23°08'32"
0101012	Ісайка	49°13'19"	23°05'50"
0101013	Лапш	49°12'05"	23°08'20"
0101014	Підканичів	49°12'02"	23°08'48"
0101015	Без назви 1	49°12'16"	23°09'25"
0101016	Без назви 2	49°12'44"	23°10'16"
0101017	Ліщинський	49°12'42"	23°11'12"
0101018	Без назви 3	49°12'57"	23°11'10"
0101019	Смерековатий	49°12'29"	23°15'38"
0101020	Сухий	49°12'00"	23°16'37"
0101021	Конечний	49°12'25"	23°17'03"
0101022	Надвір	49°10'57"	23°17'39"
0101023	Пальчат	49°10'28"	23°17'42"
0101024	Мельничний	49°09'47"	23°19'29"
0101025	Кривець	49°09'46"	23°20'15"
0101026	Без назви 5	49°09'25"	23°20'36"
0101027	Лазний	49°09'11"	23°20'57"
0101028	Скольський	49°02'42"	23°31'38"
0101029	Яблонець	49°00'27"	23°27'09"
0101030	Сеул	49°00'25"	23°25'13"
0101031	Києвець	49°00'23"	23°25'20"
0101032	Кринички	49°00'16"	23°26'60"
0101033	Сухий	48°59'07"	23°28'09"
0101034	Закал овець	48°58'10"	23°28'10"
0101035	Жолоб	48°54'52"	23°28'05"
0101036	Гливецький	48°53'43"	23°28'17"
0101037	Скобенець	48°53'28"	23°28'46"
0101038	Джер шин	48°57'49"	23°29'09"
0101039	Гребеновець	48°58'20"	23°28'43"

0101040	Без назви	48°54'54"	23°35'48"
0101041	Без назви	48°52'58"	23°42'37"
0101042	Болотний Лук	48°52'08"	23°41'50"
0101043	Хома	48°48'29"	23°44'37"
0101044	Гребенек	48°47'22"	23°43'28"
0101045	Комісарівський	48°39'04"	23°48'04"
0101046	Без назви 1	48°44'33"	23°48'22"
0101047	Яма	48°44'42"	23°48'31"
0101048	Дощинка	48°44'14"	23°59'48"
0101049	Без назви 12	48°47'44"	24°02'01"
0101050	Соколів	48°41'31"	24°05'45"
0101051	Без назви	48°39'19"	24°01'26"
0101052	Пушкін	48°38'06"	24°01'03"
0101053	Верхня Кругла	48°37'46"	24°01'10"
0101054	Без назви	48°37'28"	24°01'15"
0101055	Кану сьак	48°36'19"	24°00'05"
0101056	Без назви	48°33'00"	23°59'05"
0101057	Без назви	48°31'50"	23°58'06"
0101058	Малашанів	48°36'49"	24°01'59"
0101059	Без назви	48°37'08"	24°01'50"
0101060	Софіра	48°37'37"	24°01'31"
0101061	Без назви	48°38'07"	24°01'10"
0101062	Без назви	48°38'24"	24°01'14"
0101063	Марківці	48°39'03"	24°01'49"
0101064	Без назви	48°42'33"	24°08'32"
0101065	Княжий	48°40'00"	24°13'36"
0101066	Межеріки	48°33'45"	24°11'57"
0101067	Розкички	48°36'00"	24°15'19"
0101068	Ріпна	48°36'25"	24°15'21"
0101069	Бухтовець	48°34'38"	24°25'57"
0101070	Чарчин	48°33'23"	24°23'18"
0101071	Хрепулів	48°32'05"	24°20'37"
0101072	Препірський	48°31'03"	24°18'48"
0101073	Максимець	48°31'04"	24°18'45"
0101074	Домбромерецький	48°28'26"	24°15'04"
0101075	Яма	48°28'24"	24°15'05"
0101076	Дзюрдзинець	48°28'56"	24°16'48"
0101077	Зелениця	48°31'00"	24°23'11"
0101078	Сухий	48°32'22"	24°22'39"
0101079	Креми носа	48°34'58"	24°27'54"
0101080	Розтока	48°33'57"	24°24'48"
0101081	Тишівниця	49°05'36"	23°37'03"
0101082	Побук	49°04'37"	23°37'04"
0101083	Кам'янка	49°02'44"	23°32'47"
0101084	Мала Дубровка	49°01'17"	23°28'56"
0101085	Без назви	48°57'16"	23°21'25"

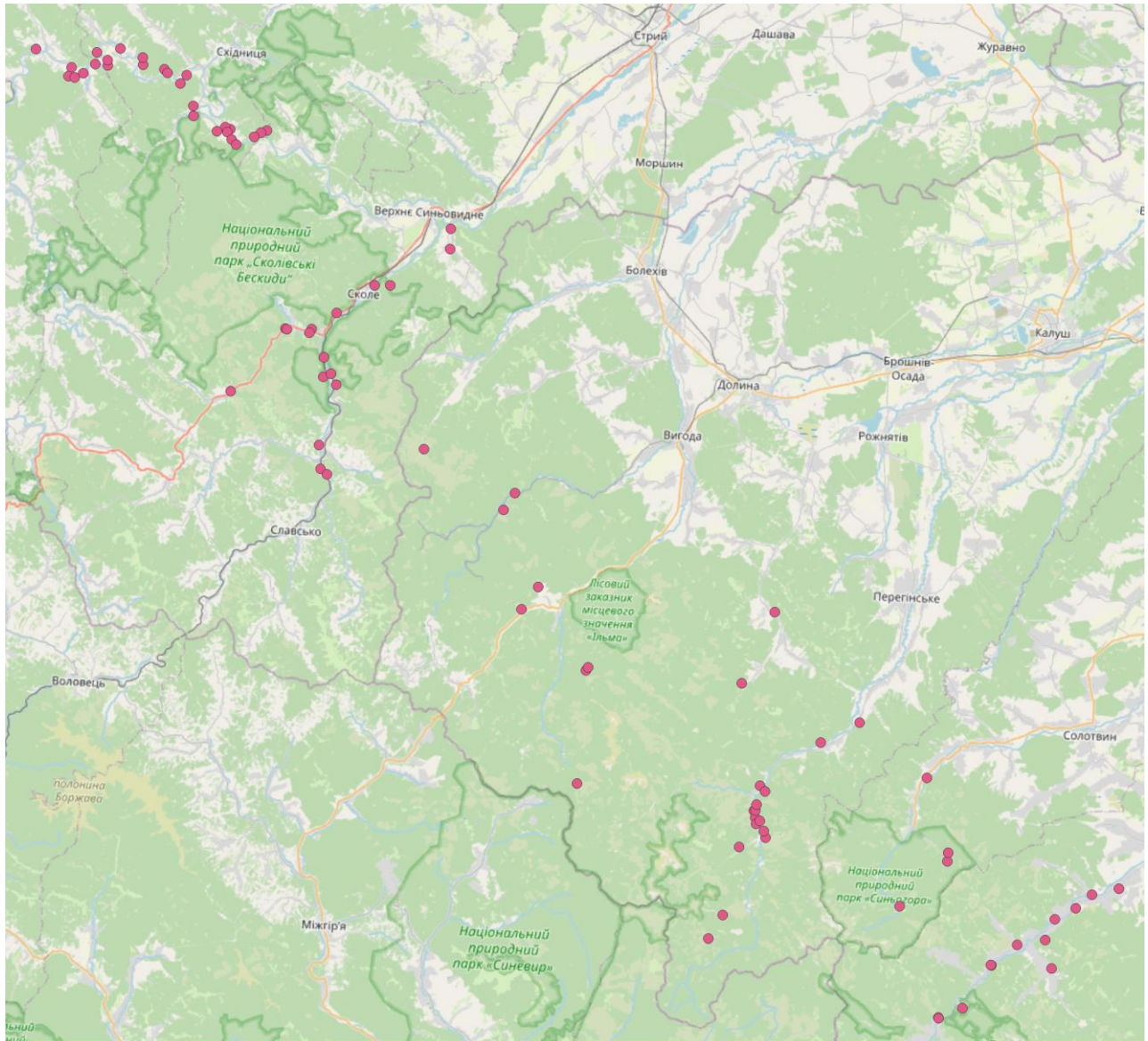


Рис. 2.1. Карта селепрояву в карпатській частині басейну р. Дністер (побудовано за координатами замикаючих створів, наведеними у табл. 2.1)

Найвища просторова щільність селевих осередків спостерігається в північно-західній частині досліджуваної території, де точки формують найбільш виразне скупчення. Саме тут селеві водотоки зосереджені в межах коротких і крутих басейнів, що входять до Верхньодністровсько-Стрийського підрайону північно-західного селевого району Українських Карпат. Таким чином, найбільше зосередження селеактивних водотоків спостерігається в межах

Верхньодністровсько-Стрийського підрайону, передусім у районі Сколівських Бескидів

Водночас значний осередок селепрояву простежується в центральній та південно-східній частинах карпатської частини басейну р. Дністер - у межах басейнів Свічі, Лімниці та Бистриці. Ця зона займає більшу площу, а точки тут розміщені більш розосереджено, проте на неї припадає значна частка зафіксованих селевих осередків, їх зосередження в межах вузьких долин, крутих схилів і глибоко врізаної руслової мережі підтверджує вирішальну роль рельєфу у формуванні селевих процесів. підтверджує вирішальну роль рельєфу у формуванні селевих процесів.

Окремі точки мають лінійне або локально-вузлове розміщення вздовж окремих водотоків. Це свідчить про те, що селеутворення визначається не лише загальним положенням у межах басейну, а й сукупністю місцевих чинників: експозицією та крутизною схилів, літологічною будовою, ступенем лісистості, наявністю пухкого уламкового матеріалу, а також інтенсивністю поверхневого стоку під час злив. У ширших долинах та на ділянках зі зниженими похилами щільність селепрояву помітно зменшується.

Отже, карта селепрояву свідчить про зосередження селевих осередків у найбільш геоморфологічно активних ділянках карпатської частини басейну р. Дністер. Просторовий розподіл селів має виразно осередковий характер і відображає вплив рельєфу, літологічної будови та гідрометеорологічних умов на їх формування [33; 46].

Висновки до 2 розділу

У другому розділі розглянуто основні етапи вивчення селевих явищ в Україні та проаналізовано просторове розповсюдження селевих осередків у

карпатській частині басейну р. Дністер. Встановлено, що перехід від поодиноких описів селевих проявів до їх систематичного наукового вивчення відбувся лише в середині ХХ ст., коли було започатковано спеціалізовані дослідження, проведено районування селевонебезпечних територій, створено кадастрові матеріали та розроблено підходи до прогнозування селів.

За результатами картографічного аналізу виявлено, що селеві осередки в межах досліджуваної території розміщені нерівномірно і мають чітко виражений осередковий характер. Найбільша просторова щільність селевих осередків спостерігається в північно-західній частині карпатської частини басейну р. Дністер, у межах Верхньодністровсько-Стрийського підрайону, передусім у районі Сколівських Бескидів. Значне поширення селепроявів характерне також для басейнів Свічі, Лімниці та Бистриці, де вони займають більшу площу, проте мають більш розосереджене розміщення. Встановлено, що просторове розміщення селевих осередків визначається насамперед особливостями рельєфу, літологічною будовою території, характером руслової мережі, ступенем лісистості, наявністю пухкого уламкового матеріалу та інтенсивністю поверхневого стоку під час злив. Отже, карта селепрояву відображає закономірний зв'язок між поширенням селевих осередків і природними умовами їх формування та дає змогу виділити найбільш селевонебезпечні ділянки в межах карпатської частини басейну р. Дністер.

РОЗДІЛ 3

ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА КАРПАТСЬКОЇ ЧАСТИНИ БАСЕЙНУ Р. ДНІСТЕР

Річка Дністер починається на північних схилах Карпат у масиві Верхньодністровських Бескидів з невеликого джерела біля с. Вовче Турківського району Львівської області на південний захід від гори Розлуч, на висоті 818 м БС. Карпатська частина басейну р. Дністер – це територія гірської частини верхів'я річки та її гірських приток, що знаходяться на правобережжі та охоплює північні схили Українських Карпат (рис.3.1).

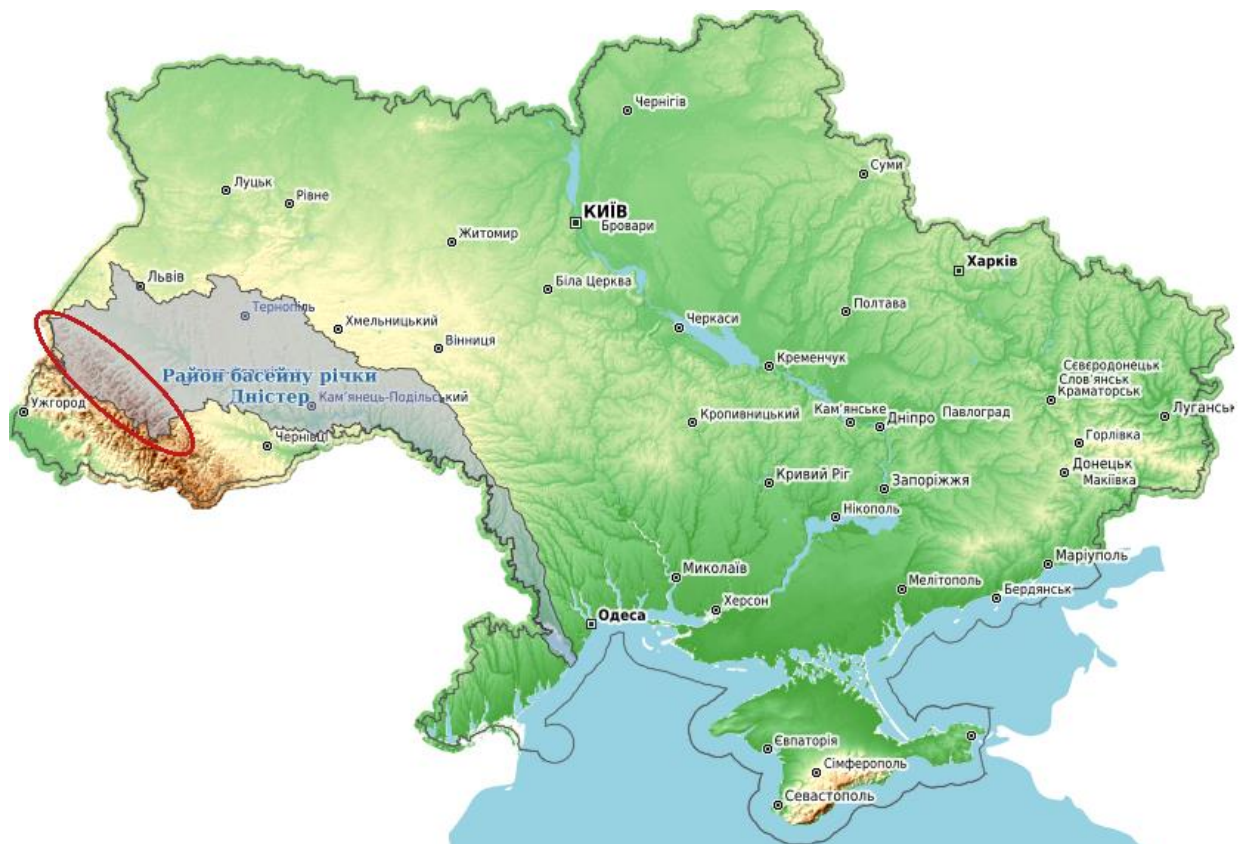


Рис. 3.1 Водозбірний басейн Дністра на карті України та Карпатська частина басейну (червоний контур) [<https://uk.wikipedia.org/wiki/Дністер>]

3.1 Геологічна будова та рельєф

Карпатська частина басейну Дністра відноситься до зони складчастих гір Українських Карпат та передгірської западини (Передкарпатського прогину). Карпатський гірський пояс тут представлений флішовими комплексами (пісковики, аргіліти, меланж порід) палеозойського-юрського віку, що утворюють систему зовнішніх та внутрішніх геологічних зон (найбільш виражені Закарпатська покривна та Закарпатська зони). Ці складчасті структури формують основний гірський рельєф з відносно крутим альпійської складчастості хребтів. На схід від основного хребта розташовується Передкарпатський прогин – глибокий алювіально-моласовий прогин, що заповнений потужними неогеновими мулистими і піщаними відкладами (сірих пісковиків і глинистих сланців (сланців) товщиною кілька кілометрів). У структурній будові цього прогину простежуються декілька зон (Бориславсько-Покутська, Самбірська і Більче-Волицька підзони), на поверхні яких розвинений пологий передгірський рельєф. У гірських пасмах піднятими залишками виступають блоки палеозойського фундаменту та флішу, які мають складний пластово-куполоподібний рельєф.

Рельєф басейну Дністра має виразну висотну зональність. У верхів'ї, серед головних гірських масивів – Чорногора, Свидовець, Гриняви – переважають полонини та високогірні пасма з абсолютними висотами 1400–1700 м, серед них поодинокі вершини перевищують 1700 м (до прикладу, г. Роман-Кош – 1545 м, г. Стримба – 1681 м, г. Маківка – 1386 м). Нижче 1000–1200 м розташовані розчленовані лісисті хребти і долини балок. У передгірних районах (Верхньодністровська улоговина) переважають горизонтальні або пологі плоскогір'я та пагорби (утворені алювієм або руйнуванням флішу). Для рельєфу цієї ділянки характерна ярово-балкова мережа з широкими терасованими

долинами, що змінюються вузькими зниженнями рельєфу. Наприклад, у верхів'ї (до м. Старого Самбора) долина Дністра звужена, V-подібна, глибока (80–100 м) з відносно вузьким руслом до 40 м у ширину [6; 15]. Східніше, у Верхньодністровській улоговині, Дністер розливається по широкій заплаві з безліччю приток та стариць, долина стрімко розширюється до кількох кілометрів, а русло сповільнюється і розгалужується. Далі, нижче впадіння р. Свічі, річка знову проходить через вузький каньйон із високими стрімкими схилами – Дністровський каньйон (круто підняті кристалічні скелі висотою сотні метрів). Загалом похил Дністра в Карпатах перевищує 3 м/км [6; 15], що забезпечує стрімку течію, постійне нагромадження гальки і щебеню на дні русла (течія розмиває гравійні наноси).

Рельєф (і геологія) басейну характеризуються значною вертикальною та структурною диференціацією: різноманіття висот і порід формує поєднання ерозійних і акумулятивних форм рельєфу. У передгір'ях Поділля (середня течія Дністра) горизонти піщаників і аргілітів поверхнево розвинуті, формують пологі схили й тераси. У карпатській частині верхів'я гострі хребти плавно переходять у згладжені денудаційні височини Передкарпаття [7; 8; 46] .

У цілому, для Передкарпатського прогину характерне чергування пластово-денудаційних височин і знижень (улоговин), які місцями заповнені алювіальними відкладами річкового походження. Екзогенні процеси тут – ерозія і акумуляція річищ, зсуви на крутих схилах і, найістотніше, селеві явища на розмитих прибережних схилах [8; 45; 46].

Іншими словами, карпатський рельєф і підґрунтя створюють природну схильність до схилової нестабільності та селевої активності.

3.2 Кліматичні особливості

У формуванні клімату Карпатської частини басейну р. Дністер велику роль відіграють Карпати. Висота над рівнем моря, велика пересіченість місцевості, напрям і експозиція схилів – все це сприяє своєрідному розподілу метеорологічних елементів в горах. У Карпатах створюється свій гірський клімат, що відрізняється яскраво вираженою вертикальною зональністю.

Для Карпатської частини басейну Дністра характерний клімат перехідного типу між морським і континентальним, який характеризується як помірно континентальний із м'якою зимою і теплим вологим літом.

У передгір'ях (в межах висот 300–700 м БС) середня температура повітря січня становить близько $-5...-7^{\circ}\text{C}$, липня – $+18...+20^{\circ}\text{C}$. У гірських районах Карпатської частини басейну р. Дністер (в межах висот 800–1400 м БС) клімат помірно холодніший: середня температура повітря січня $-8...-10^{\circ}\text{C}$, липня $+15...+18^{\circ}\text{C}$.

З висотою місцевості кількість атмосферних опадів в досліджуваному регіоні зростає: у передгір'ї вона становить близько 600–800 мм на рік, тоді як у горах Карпат може сягати 1000–1200 мм, а на найвищих масивах може досягати кількості до 1500–1600 мм [9; 12; 13].

Сезонність атмосферних опадів – типово весняно-літня (переважають дощі, часто інтенсивні, включно з грозами) та зимова (снігові опади). Однак у гірській частині досить часто бувають відлиги взимку (у середньому $>50\%$ днів з температурою вище 0°C), що спричиняє підвищення водності в міжсезоння. Нагромадження снігу також істотне, але часто переривається відлигами; максимальна глибина снігового покриву в Карпатах може досягати 1–1,2 м. Льодових явищ (стійких льодоставів) у річках мало через відлиги, їхній покрив нестійкий і нетривалий.

У висотному зрізі клімат характеризується чітко вираженою поясністю: нижчі передгір'я – помірно континентальний, вище – помірно холодний з підвищеною вологістю. Порівнюючи з іншими європейськими масивами, можна зазначити, що клімат східних Карпат більш континентальний (нижчі зимові температури, різкіші переходи сезонів) ніж у західних Альпах, але близький до клімату Балканських гір за характеристиками літніх злив.

3.3 Ґрунти та рослинний покрив

У Карпатській частині басейну р. Дністер ґрунтовий покрив досить різноманітний і пов'язаний із висотною поясністю рослинності.

У передгір'ях Поділля (в межах висот до 400–500 м БС) поширені буроземно-підзолисті ґрунти та опідзолені ґрунти з середнім рівнем родючості. Тут переважають дубові, дубово-грабові ліси і лучно-степові ділянки.

З підняттям висоти (500–1200 м БС) на схилах розвиваються буроземи лісові — ґрунти, характерні для мішаних і хвойних лісів, переважно під буковими, смереково-ялицевими та мішаними лісами. Ці ґрунти відзначаються потужним гумусовим горизонтом і хорошою водоутримуваністю, але вкрай розчленовані кам'янистим субстратом (невисокі насипи під камінням).

Вище (1200–1500 м БС) – типові ґрунти полонин (борозенчасті дерново-глейові, торфуваті чорноземоподібні під луками та ялівцями), дуже малопотужні, кам'яністі. Загалом у Східнокарпатських горах домінують буроземи і торфовища (на болотистих ділянках долин і заплав), а чисті дерново-гумусові ґрунти (типові чорноземи) майже відсутні за винятком околиць сіл на алювії.

Рослинний покрив зберігся в межах Карпат порівняно добре. У високогір'ї переважають субальпійські луки (поляни) та низькі кущі ялівцю, на середніх висотах – смерекові та ялицево-букові ліси. Ліси зростають від 200–300 м БС аж

до 1400 м БС, формуючи суцільну смугу рослинного покриву над верхів'ями Дністра. У долинах Дністра нижче гірських хребтів (500–700 м БС) збереглися широколисті змішані ліси (дуб, граб, клен) типові для Західного Поділля. Відомими є букові ліси Угольсько-Широколужанського масиву Карпатського біосферного заповідника, а також букові та мішані ліси Національного природного парку «Сколівські Бескиди».

На відкритих терасах і заплавах річок ростуть вербові і тополеві гаї. В цілому, природна рослинність басейну Дністра найкраще береглася саме в Карпатах: вона формує безперервний лісовий пояс над верхів'ями Дністра і його приток [10], це забезпечує часткову захищеність ґрунту від ерозії, хоча вразливі зони є на розчищених схилах. Порівняно з Альпами та Балканами, в Карпатах менше альпійських пустель та льодовиків, але концентрація цінних букових і хвойних лісів у пригірських умовах лишається значною.

3.4 Гідрографічна мережа та водний режим

Відповідно до кліматичних, орографічних особливостей та умов живлення річок гірська та передгірна частина Карпат басейну р. Дністер є найважливішою у формуванні водного стоку. Вона займає 9% площі басейну і має найгустішу мережу у басейні Дністра – 1,0–1,5 км/км² (рис. 3.1).

В Карпатській частині басейну Дністра формуються потужні праві річки-притоки, такі як, Стрий, Свіча, Лімниця, Бистриця. Вони мають різну довжину: р. Стрий – близько 230 км, р. Свіча – близько 107-114 км, р. Лімниця – близько 100 км. Власне річка-притока Бистриця — це невелика за довжиною річка (17 км), але вона має кілька складових, утворюється злиттям р. Бистриці Солотвинської (довжина 82 км), Бистриці Надвірнянської (94 км) та р. Ворони (28 км). Отже, як система, її довжина значна.

Згідно з дослідженнями, загальна кількість річок Карпатського регіону становить 457, причому понад 40% з них – у басейні Дністра [11; 14]. Річок завдовжки понад 100 км у Карпатах лише вісім: чотири з них в басейні р. Дністер, три в басейні р. Тиса та одна в басейні р. Прут. Таким чином, річкову сітку Карпатської частини басейну Дністра утворюють сотні гірських потоків, що впадають у Дністер особливо на ділянці вище м. Галич (рис. 3.1).



Рис. 3.2 Річкова мережа Карпатської частини басейну р. Дністер
[\[https://uk.wikipedia.org/wiki/media/Файл:The_Dniester_river_basin_in_Ukraine_zoomed.png\]](https://uk.wikipedia.org/wiki/media/Файл:The_Dniester_river_basin_in_Ukraine_zoomed.png)

Басейни річок Карпатської частини басейну р. Дністер вирізняються складною гідрографічною структурою, яка прослідковується за гідрографічними характеристиками річок та їх басейнів (табл.3.1) [2].

Аналізуючи гідрографічні характеристики водозборів Карпатської частини басейну р. Дністер бачимо, що водозбори мають досить великий діапазон їх середніх висот від 400-1200 м БС. Відповідно до середніх висот, досить змінні в межах досліджуваної території й похили їх водозборів від 40‰ до 322 ‰. Висока й лісистість басейнів річок Карпатської частини басейну р. Дністер – від 25% до 92%. Всі ці показники є сприятливими умовами для утворення селевих потоків.

Таблиця 3.1

**Основні гідрографічні характеристики водозборів Карпатської частини
басейну р. Дністер [2]**

Річка	Гідрологічний пост	Водозбір			
		Площа, км ²	Середня висота, м абс.	Середній. похил, ‰.	Лісистість, %
Дністер	с.Стрілки	384	620	180	40
Дністер	м.Самбір	850	570	171	51
Стрв'язж	с.Хирів	355	550		
Стрв'язж	с.Луки	910	400	85	23
Бистриця	с.Озими́на	206	520	152	37
Тисьмениця	м.Дрогобич	250	390	85	36
Стрий	с.Матків	106	860	161	56
Стрий	с.Заваді́вка	740			
Стрий	с.Ясени́ця	2400	760	-	48
Стрий	смт Верхнє Синьовидне	2720	-		
Опір	м.Сколе	733	820	294	50
Славська	смт Славське	76,3	860	285	24
Головчанка	с.Тухля	130	810	250	28
Орава	х.Святослав	204	860	314	68
Свіча	х.Мислівка	201	1000	322	95
Свіча	с.Зарі́чне	1280	730	-	64
Лужанка	с.Гошів	146	660	240	55
Сукіль	с.Тисів	138	770	297	80
Лімниця	с.Осмо́лода	203	1200	322	83
Лімниця	с.Перево́зець	1490	760	-	55
Чечва	с.Спас	269	820	270	72
Луква	с.Бодна́рів	185	480	46	50
Бистриця-Надві́рнянська	с.Пасі́чна	482	1000	336	72
Бистриця Солотвинська	с.Гута	112	1000	330	92

Кліматичні особливості регіону детермінують гідрологічний режим річок. Гірські річки Карпат мають сніго-дощовий водний режим: весняні високі водопілля (березень–квітень) формується за рахунок тривалого танення снігів з кристалічних гір, літні дощові паводки (червень–серпень) відбуваються у результаті сильних зливових дощів, бувають різної інтенсивності, інколи набувають катастрофічного характеру. Для Карпатських річок басейну р. Дністер характерні літні дощові паводки часто перевищує весняне водопілля як за висотою рівня води, так й за об’ємом стоку [2; 14; 16].

Наприклад, внаслідок грозових злив у липні 2008 р. та червні 2020 р. на Дністрі спостерігалися рівні вище повеневих (розмивання русла, затоплення заплав). Теж саме прослідковується й на гірських притоках Дністра. Це добре можна побачити на рис. 3.2 та 3.3, де показано гідрографи стоку води приток карпатської частини р. Дністер.

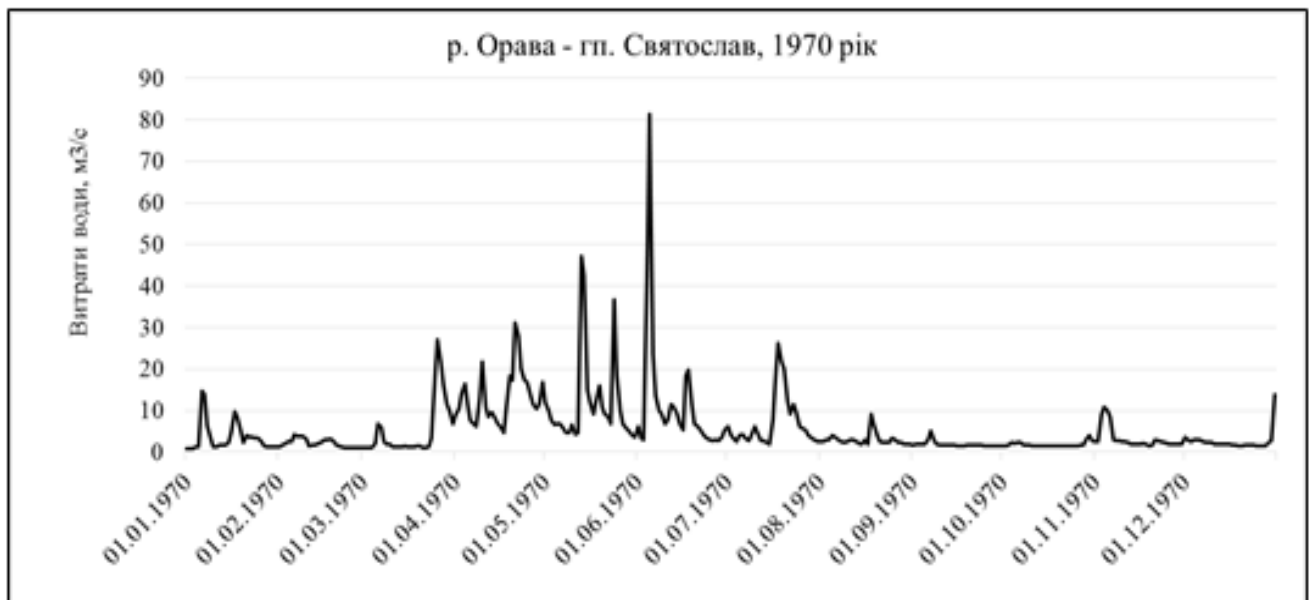


Рис. 3.2 Гідрограф стоку води р. Орава біля с. Святослав (Карпатська частина басейну р. Дністер), 1970 р.

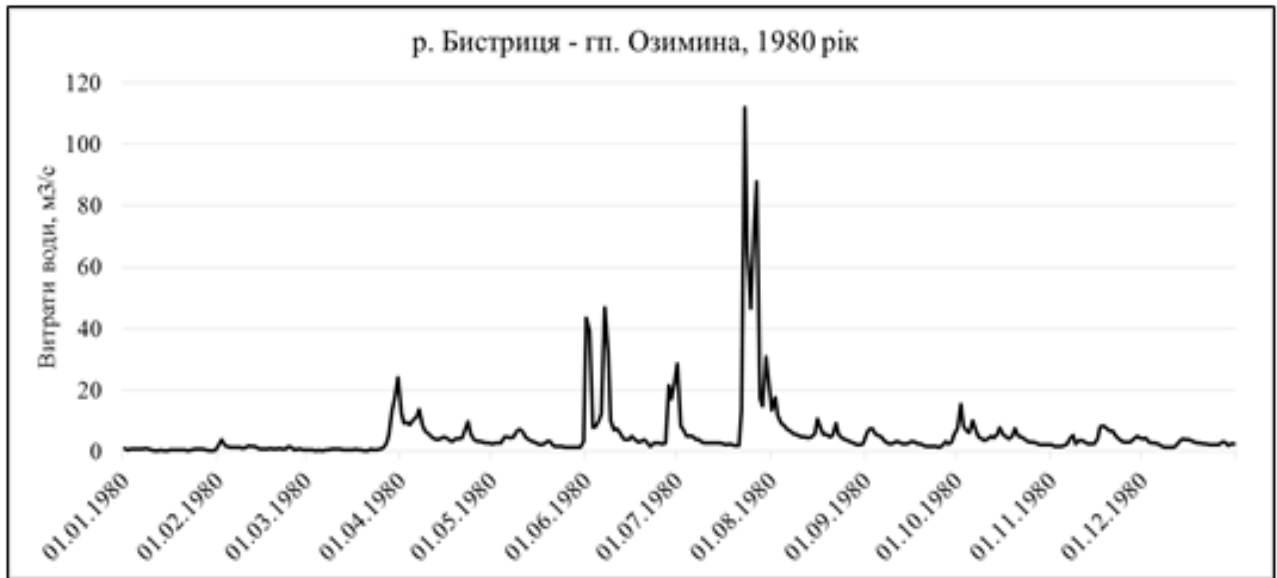


Рис. 3.3 Гідрограф стоку води р. Бистриця біля с. Озими́на (Карпатська частина басейну р. Дністер), 1980 р.

Зима, зазвичай, маловодна, оскільки опади випадають у вигляді снігу і накопичуються, не приносячи негайного стоку. Падіння температури восени також призводить до низьких вод (межені) якраз перед початком сніготанення.

Висновки до 3 розділу

Карпатська частина басейну р. Дністер займає $\approx 9\%$ від площі всього басейну та є в цілому найважливішою у формуванні водного стоку річки.

Вона характеризується специфічною геологічною будовою і складним рельєфом, який вирізняється значною вертикальною та структурною диференціацією: різноманіття висот і порід формує поєднання ерозійних і акумулятивних форм рельєфу.

Кліматичні умови досліджуваної території є різноманітними, що обумовлено вираженим впливом гірських систем. Кількість опадів з висотою

зростає: у передгір'ї в середньому 600–800 мм на рік, у горах Карпат – 1000–1200 мм, а на найвищих гірських масивах може досягати 1500–1600 мм

У гірській частині Карпатської частині басейну р. Дністер переважають щебенисті та бурі лісові ґрунти, тоді як у передгірських територіях – більш родючі ґрунти, такі як чорноземи та сірі лісові ґрунти. Рослинний покрив теж пов'язаний з висотною зональністю. У гірській частині домінують хвойні ліси, нижче гірських хребтів (500–700 м БС) збереглися широколисті змішані ліси. На висотах >1200 м ліси змінюються субальпійськими луками. Лісистість басейнів річок Карпатської частини басейну р. Дністер змінюється від 25 до 92%.

Гідрографія Карпатської частини басейну р. Дністер характеризується високою щільністю гідрографічної мережі – 1,0–1,5 км/км². У водному режимі річок є весняне водопілля, дощові паводки в теплий період року, сніго-дощові в холодну пору бувають рідше. Дощові паводки різної інтенсивності (інколи набувають катастрофічного характеру) відбуваються у результаті сильних зливових дощів, часто за висотою рівня води та об'ємом стоку перевищують весняне водопілля.

Отже, геологічна будова, гірський рельєф (висота над рівнем моря, велика пересіченість місцевості, накопичення уламкового матеріалу, напрям і експозиція схилів), значна кількість опадів створюють природні передумови до схилової нестабільності та селевої активності в Карпатській частині басейну р. Дністер та підсилює ризики утворення селевих потоків і руйнувань у регіоні.

РОЗДІЛ 4

ВИХІДНІ ДАНІ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1. Вихідні дані та формування статистичних сукупностей характеристик селевих потоків та їх басейнів

Загалом, статистичний аналіз - це процес збирання, обробки, аналізу та інтерпретації даних для виявлення закономірностей, тенденцій і взаємозв'язків, що використовуються для прийняття рішень та формування висновків.

Для статистичного аналізу і узагальнення параметрів селевих осередків у карпатській частині басейну р. Дністер було використано дані спостережень експедицій Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту (УкрНДГМІ) та гідрографічної партії Центральної геофізичної обсерваторії (ГП ЦГО). Зазначимо, що селевий осередок - це, зазвичай, місце зосередження або формування селевого потоку, тобто, суміші води і уламкового матеріалу (каміння, ґрунту, піску), що швидко рухається вниз по річковому руслу. В більш широкому розумінні, це може бути район або місцевість, де відбуваються селі, або де вони зазвичай формуються. Тобто, в даному випадку, статистичний аналіз і узагальнення параметрів селевих осередків включають спостережені дані минулих селевих подій з такими групами параметрів:

- параметри (характеристики) самого селевого потоку, які описують динаміку та масштаб самої події;
- морфометричні параметри (характеристики) селевого басейну, які описують фізичні особливості території, де формується сіль, та допомагають зрозуміти умови його зародження.

В табл. А.1 (ДОДАТОК А) подано вихідні дані – індекс селевого басейну; перелік водотоків, де спостерігалися прояви селевих явищ та основні параметри (характеристики) селевих потоків та їх водозборів у карпатській частині басейну р. Дністер.

Для дослідження були взяті наступні параметри:

- 1) площі селевих водозборів, км²;
- 2) висотні відмітки найвищих точок басейнів, мБс;
- 3) середні похили селевих русел, м/км;
- 4) довжини селевих русел, км;
- 5) висотні відмітки замикаючих створів, мБс.

Таким чином, було сформовано 5 статистичних рядів характеристик селевих потоків та їх водозборів у карпатській частині басейну р. Дністер, з загальною кількістю членів по кожному з параметрів – 85.

4.2. Візуалізація розподілу числових даних за допомогою гістограм частот, порядок їх побудови

Гістограма частот – це один із найпоширеніших способів графічного відображення розподілу числових даних [17]. Вона належить до базових інструментів аналізу варіаційних рядів у статистиці і широко використовується в гідрології для оцінки розподілу гідрологічних величин (річного стоку, максимальних витрат, опадів тощо) [18]. Гістограми дозволяють наочно побачити тенденцію, варіабельність і симетрію вибірки даних [18; 19]. З їх допомогою можна швидко визначити, які діапазони значень трапляються найчастіше, чи є розподіл близьким до нормального, чи спостерігається зміщення (асиметрія) або наявність кількох модальних значень. Для гідрологічних рядів – це важливо при оцінці режиму річок та екстремальних подій – гістограма дає

початкове уявлення про форму емпіричного розподілу, що надалі може бути зіставлена з теоретичними законами (наприклад, нормальним, логнормальним, тощо).

Варто зазначити, що гістограма є наближеним емпіричним аналогом функції щільності розподілу випадкової величини. При достатньо великому обсязі вибірки та малих інтервалах групування побудована гістограма прямує до графіка щільності ймовірностей досліджуваної величини [20; 21]. Натомість крива накопичених частот (огіва) відповідає інтегральній функції розподілу і відображає забезпеченість значень, тобто частку випадків, коли величина не перевищує заданого порогу [22]. Таким чином, використання гістограм у гідрологічних дослідженнях дозволяє отримати наочне представлення емпіричного розподілу показників та оцінити їх ймовірнісний характер.

Методика побудови інтервального ряду та гістограми розподілу полягає в наступному:

1. *Формування варіаційного ряду.* Вихідні гідрологічні дані (наприклад, ряд максимальних модулів стоку або інші показники) впорядковуються за величиною. Нехай містить n значень досліджуваної величини. Позначимо найменше значення цієї вибірки як $X_{\min}$, а найбільше – $X_{\max}$. Різниця між ними:

$$R = X_{\max} - X_{\min}, \quad (4.1)$$

де R – розмах варіації (амплітуда коливань). Ця величина характеризує повну широту змін даних досліджуваної величини.

2. Вибір кількості інтервалів. Для побудови гістограми діапазон значень розбивають на кілька інтервалів (градацій). Інтервали зазвичай обирають рівними за величиною, щоб спростити інтерпретацію. Надто мала кількість інтервалів може згладити характерні особливості розподілу, тоді як надто велика –

призводить до «шуму» і випадкових коливань на гістограмі [23; 24]. Класичне наближене правило Стерджеса дозволяє оцінити оптимальне число інтервалів залежно від обсягу вибірки [25]:

$$k = 1 + 3,322 \log_{10}(n), \quad (4.2)$$

де k – кількість інтервалів групування, n – кількість спостережень (обсяг вибірки). Формула Стерджеса відповідає правилу [25; 26] і дає задовільні результати для вибірок обсягом до кількох сотень значень. При більших можуть застосовуватися інші правила (наприклад, формула Скотта або Фридмана-Діаконіса), але в межах типових гідрологічних вибірок правило Стерджеса є зручним наближенням.

Для наближеної оцінки кількості інтервалів групування у коротких варіаційних рядах використовується емпірична формула:

$$k = 5 \log_{10} \cdot n, \quad (4.3)$$

де k – кількість інтервалів групування, n — кількість членів ряду (загальний об'єм вибірки). На відміну від формули Стерджеса, дана формула (4.3) дає дещо більшу кількість інтервалів для невеликих вибірок, що дозволяє детальніше розглянути структуру розподілу в коротких рядах.

За отриманим k визначають величину інтервалу (крок гістограми) h . Для рівномірного розбиття:

$$h = \frac{R}{k}, \quad (4.4)$$

де h – довжина (ширина) одного інтервалу.

Межі інтервалів визначають таким чином, щоб жодне значення не потрапляло одночасно в два інтервали (як правило, використовують напіввідкриті інтервали типу $[a, b)$). Якщо $X_{\min}$ не дорівнює точно нижній межі першого інтервалу, допускається незначне розширення діапазону за межі $X_{\min}$ або $X_{\max}$ для охоплення всіх значень. Важливо, що сума довжин всіх k інтервалів дорівнює R . Усі розрахунки доцільно виконувати у вигляді таблиці розподілу.

3. *Розрахунок частот.* На основі варіаційного ряду визначають частоти попадання значень у кожен інтервал. Нехай f_i – абсолютна частота (кількість значень, що потрапили в i -й інтервал, $i = 1, 2, \dots, k$). Тоді загальна сума абсолютних частот дорівнює обсягу вибірки: $\sum_{i=1}^k f_i = n$. Для наочності обчислюють також відносні частоти – частки від загальної кількості. Відносна частота w_i (в частках або%) визначається як:

$$w_i = \frac{f_i}{n} \times 100\%. \quad (4.5)$$

Сума відносних частот дорівнює 100%. На основі частот обчислюють накопичені частоти (кумуляти). Абсолютна накопичена частота F_j для j -го інтервалу – це кількість значень, менших або рівних верхній межі цього інтервалу: $F_j = f_1 + f_2 + \dots + f_j$. Відносна накопичена частота (забезпеченість) $W_j = \frac{F_j}{n} \times 100\%$ показує, який відсоток вибірки не перевищує верхню межу j -го інтервалу [27]. Накопичені частоти зростають від 0% (для значень нижче першого інтервалу) до 100% (для значень вище останнього інтервалу).

4. *Щільність розподілу.* Оскільки висота стовпчика гістограми може інтерпретуватися як густина розподілу, вводять поняття щільності частоти. Абсолютна щільність f'_i визначається як відношення частоти до ширини інтервалу:

$$f'_i = \frac{f_i}{h}. \quad (4.6)$$

Відповідно, відносна щільність w'_i – це відносна частота на одиницю інтервалу:

$$w'_i = \frac{w_i}{h} = \frac{f_i}{n h}. \quad (4.7)$$

Зауважимо, що для рівних інтервалів форма гістограми не залежить від того, чи використовуються абсолютні частоти, відносні частоти чи щільності – всі стовпчики просто масштабуються по вертикалі. Проте визначення щільності важливе для теоретичного зв'язку гістограми з функцією розподілу: площа кожного стовпчика, обчислена як $w'_i \cdot h$, дорівнює відносній частці випадків в інтервалі (у частках від 1). Сума площ всіх стовпців дорівнює 1 (або 100%). Таким чином, гістограма відносних частот фактично є графіком емпіричної щільності ймовірності [20; 28].

5. *Побудова гістограми і кривої накопичених частот.* На осі абсцис відкладають значення досліджуваної величини (розбиті на інтервали), на осі ординат – частоту. Будують стовпчикову діаграму: для кожного інтервалу рисують прямокутник, основа якого відповідає межах інтервалу, а висота дорівнює частоті (або відносній частоті) появи значень у цьому інтервалі[28]. Стовпчики розташовуються поруч без проміжків, оскільки інтервали покривають суміжні ділянки осі значень. Така ступінчаста діаграма і є гістограмою розподілу [29]. Гістограма наочно показує, в яких діапазонах значення змінної трапляються найчастіше, а в яких – рідше. Для побудови емпіричної кривої розподілу (кривої накопичених частот) обчислені значення накопиченої частоти наносять на графік для верхньої межі кожного інтервалу і з'єднують плавною лінією. Отримана монотонно зростаюча крива від 0% до 100% відображає забезпеченість значень (огіву). Її інтерпретація у гідрології стандартна: наприклад, по кривій

накопичених частот можна визначити, який відсоток років максимальні витрати води перевищували ту чи іншу позначку (якщо по осі абсцис відкладені значення витрат, а по ординаті – забезпеченість $y\%$). Крива розподілу доповнює гістограму, дозволяючи оцінити ймовірність перевищення або недосягнення певних порогів.

При побудові гістограми важливо врахувати, що її вигляд залежить від вибору кроку (кількості інтервалів). Для об'єктивного відображення розподілу варто перевірити декілька варіантів групування. У разі надто «грубого» інтервалу (мало) гістограма може втрачати деталі (розподіл виглядатиме занадто згладженим), а при надто дрібному (велике) – проявляти випадкові коливання, не властиві генеральній сукупності [24; 30]. Тому обране число інтервалів слід обґрунтувати (наприклад, за допомогою формули (4.3) та з урахуванням характеру вибірки). Загалом гістограма є ефективним засобом первинного аналізу даних, але для точних висновків щодо виду розподілу можуть знадобитися додаткові статистичні тести або побудова полігону частот, квантильних графіків тощо [31; 32].

Застосування гістограм для аналізу параметрів селевих басейнів. Методика побудови гістограм, описана вище, може бути застосована для аналізу морфометричних та гідрологічних характеристик селевих басейнів у карпатській частині басейну Дністра. До таких характеристик належать, зокрема, площа водозбору, довжина русла, середній похил русла (поздовжній ухил), висоти вододілів тощо. Кожен із цих параметрів для сукупності селевих басейнів розглядається як випадкова змінна, що має певний емпіричний розподіл. Побудова гістограм частот для цих величин дозволяє виявити, які значення параметрів є найбільш характерними для селевих басейнів, а які трапляються рідко.

Наприклад, аналіз частоти різних площ селевих басейнів може показати, що більшість басейнів мають невелику площу, тоді як великі басейни зустрічаються значно рідше. Аналогічно, гістограма довжин русел селевих басейнів може продемонструвати, яке значення довжини є типовим тощо.

При інтерпретації отриманих гістограм слід пам'ятати про фізичну сутність селевого процесу. Сель формується в русловій мережі гірського водотоку, де відбувається накопичення та раптовий зрив великої маси водно-грунтової суміші. Таким чином, параметри басейну, що сприяють концентрації стоку і матеріалу в руслі, будуть «посилюватися» в розподілі серед селевих басейнів. Наприклад, невеликі площі і круті русла – це сприятливі умови, що й відображається у високій частоті саме таких характеристик серед відомих селевих осередків[5; 33; 34]. Гістограми дають можливість кількісно підтвердити ці уявлення. Відсутність басейнів з певними характеристиками (наприклад, дуже велика площа або дуже пологий похил) на гістограмі свідчить про те, що за таких умов селеві потоки в регіоні практично не реалізуються – ймовірно через недостатність схилових процесів чи малу інтенсивність дощів для генерування селю на великих площах.

Отже, побудова гістограм частот і кривих накопичених частот для морфометричних показників селевих басейнів є важливим етапом узагальнення даних перед детальнішим аналізом. Така візуалізація розподілу допомагає виокремити типові діапазони значень параметрів селевих басейнів, порівняти різні групи басейнів між собою, а також слугує основою для подальшої ймовірнісної оцінки небезпеки селів. За емпіричним розподілом площ або похилів можна визначити квантілі (медіану, квартилі), які характеризують «типовий» селевий басейн та варіацію умов його формування. У підсумку, використання гістограм у гідрологічному дослідженні селевих потоків дозволяє поєднати статистичну обробку даних із фізико-географічною інтерпретацією отриманих результатів, що підвищує обґрунтованість зроблених висновків

4.3. Кореляційний аналіз даних, кореляційні зв'язки та оцінка ступеня їх тісноти. Кореляційна матриця

Кореляційний аналіз у гідрології застосовують для кількісної оцінки взаємозв'язків між показниками водозборів і параметрами небезпечних процесів. У роботі він використовується як методичний інструмент:

1. виявити, які характеристики селевих басейнів узгоджено змінюються з показниками селевих проявів;
2. оцінити напрямок зв'язку (прямий або обернений) та його тісноту;
3. перевірити, чи немає сильного «дублювання» факторів перед подальшим аналізом [35; 36; 41; 43].

Кореляція не доводить причинно-наслідковий зв'язок, вона показує лише спільну змінюваність двох показників у межах вибірки. Тому отримані кореляції обов'язково інтерпретуються з урахуванням фізичного змісту процесів у басейні (рельєф, руслові умови, літологія, заліснення та інші чинники) [35; 41; 43; 44].

Для розрахунку кореляційної матриці формується набір змінних, які описують басейни та селеві прояви. До морфометричних характеристик доцільно включати площу басейну S (км²) і довжину селевого русла L (км). До висотних – відмітки найвищих точок $H_{\max}$ (м) і замикального створу H_{out} (м). Додатково вводиться перепад висот $\Delta H = H_{\max} - H_{\text{out}}$ (м), як показник енергії рельєфу. Похил русла I береться в тих одиницях, у яких він заданий у вихідних даних, і це обов'язково фіксується у тексті. До блоку «параметри селевих проявів» включаються лише ті показники, які реально є у вихідній таблиці (наприклад, індикатори інтенсивності, об'єму виносу, повторюваності тощо) [41; 42; 43].

Підготовка даних є необхідною, оскільки гідрологічні та морфометричні показники часто мають нерівномірні розподіли і поодинокі великі значення. На

цьому етапі: перевіряють одиниці вимірювання та формат чисел; виявляють неможливі значення (від'ємні площі/довжини, помилкові висоти); аналізують пропуски; виконують попередній огляд розподілів (гістограми) і діаграми розмаху для оцінки викидів. Якщо для окремих змінних (часто S або L) спостерігається різка асиметрія, допускається застосування логарифмування (наприклад $\log_{10}$), але це робиться лише тоді, коли таке перетворення справді покращує читабельність зв'язків і не суперечить фізичній інтерпретації [35; 41; 43].

Пропуски в даних обробляються одним із двох практичних способів, які найчастіше використовують у прикладних гідрологічних розрахунках: (а) вилучення рядків, де є пропуски хоча б в одній змінній; (б) попарний розрахунок кореляцій за наявними парами значень. Обраний спосіб обов'язково зазначається у примітці до кореляційної матриці, оскільки він визначає фактичний обсяг вибірки для кожної пари змінних [35].

Для оцінки кореляційних зв'язків у гідрології найчастіше застосовують два коефіцієнти — Пірсона та Спірмена. Коефіцієнт Пірсона r використовується, коли очікується саме лінійний зв'язок між двома кількісними показниками і дані не мають різких викидів (або після перетворень, якщо вони виправдані) [35; 37].

Коефіцієнт Спірмена ρ (рангова кореляція) застосовується, коли розподіли нерівномірні, є викиди або зв'язок є монотонним, але не обов'язково лінійним. Для морфометричних і гідрологічних наборів даних ρ зазвичай є більш стійким, тому у цій роботі саме він рекомендований як основний для кореляційної матриці, а r Пірсона — як допоміжний контроль для окремих пар змінних [35; 38; 43; 44].

Коефіцієнт Пірсона r для пари змінних x та y (n пар спостережень) визначається як нормована коваріація $r = \Sigma[(x_i - x_{cp})(y_i - y_{cp})] / \sqrt{(\Sigma(x_i - x_{cp})^2 \cdot \Sigma(y_i - y_{cp})^2)}$ [37].

Коефіцієнт Спірмена ρ — це кореляція, обчислена для рангів: кожному значенню присвоюється номер у впорядкованому ряді, після чого кореляція рахується між ранговими рядами. Якщо в даних є однакові значення, застосовуються середні ранги (це стандартний підхід у статистичних пакетах та електронних таблицях) [35; 38].

Кореляційна матриця будується для p змінних у вигляді квадратної таблиці $p \times p$. Кожен елемент матриці відповідає кореляції між двома показниками; на головній діагоналі розміщені одиниці. Матриця є симетричною, що спрощує аналіз. Під час інтерпретації важливо розділяти два типи зв'язків:

1. зв'язки між самими морфометричними показниками (вони часто природно високі, бо описують «розмірність» басейну);
2. зв'язки між параметрами басейну та показниками селевого прояву (вони є ключовими для висновків). Також матриця дозволяє помітити, які фактори надто сильно пов'язані між собою і можуть дублювати інформацію, що є важливим при подальшому виборі факторів [35].

Тісноту зв'язку оцінюють за модулем коефіцієнта кореляції. Для прикладних гідрологічних задач зручно використовувати описову шкалу: $|\text{corr}| < 0,30$ — слабкий зв'язок; $0,30-0,50$ — помірний; $0,50-0,70$ — відчутний; $> 0,70$ — сильний. Знак коефіцієнта показує напрямок: «+» означає, що зі зростанням одного показника інший у середньому зростає, «-» — що зі зростанням одного показника інший у середньому зменшується. У гідрологічній інтерпретації обов'язково додається фізичне пояснення, чому такий напрямок є можливим або очікуваним [41; 43; 44].

Статистична значущість кореляцій оцінюється через перевірку гіпотези про відсутність зв'язку. Для r Пірсона застосовується t -критерій $t = r \cdot \sqrt{[(n - 2)/(1 - r^2)]}$ з $df = n - 2$ [37]. Для ρ Спірмена p -значення визначається стандартними обчислювальними процедурами в програмних засобах, які враховують обсяг

вибірки та повтори значень [38]. При цьому в роботі важливо наголошувати, що «значущість» залежить від n : при достатньому обсязі даних навіть помірні кореляції можуть бути значущими, але для практичного висновку ключовими залишаються величина коефіцієнта та фізичний зміст зв'язку.

Оскільки в кореляційній матриці одночасно оцінюється багато парних зв'язків, можливі випадкові «значущі» результати. Щоб зменшити цей ефект, застосовується поправка Бенджаміні–Гохберга для контролю частки хибних виявлень. У підписі до таблиці зазначається, чи застосовувалася ця поправка і як позначені значущі коефіцієнти (наприклад, символом * для $p < 0,05$ після поправки) [39; 40].

Для коректності висновків обов'язково виконують візуальну перевірку найсильніших кореляцій на діаграмах розсіювання. Це дозволяє переконатися, що зв'язок не створений 1–2 викидами і що тенденція справді спостерігається для більшості басейнів. У підсумку, для захисту доцільно підготувати короткий перелік 5–10 ключових зв'язків із поясненням: між якими показниками, знак, тіснота, значущість і фізичний сенс у межах водозбору. [35; 40; 41; 44].

Висновки до 4 розділу

У розділі «Вихідні дані та методи дослідження» сформовано вихідну інформаційну основу та визначено логіку статистичного опрацювання параметрів селевих осередків у карпатській частині басейну р. Дністер.

Використання матеріалів експедицій УкрНДГМІ та гідрографічної партії ЦГО дало змогу спиратися на фактичні дані спостережень. Для дослідження було обрано такі параметри: площі селевих водозборів (км^2), висотні позначки найвищих точок басейнів (м БС), середні похили селевих русел (м/км), довжини русел (км) та висотні позначки замикаючих створів (м БС). Сформовані вибірки

(по 85 значень кожна) є достатніми для отримання репрезентативних характеристик і виявлення типових закономірностей. Набір показників є методично доцільним, він одночасно охоплює «розмірні» та «динамічні» характеристики і створює підґрунтя для порівняння селевонебезпечних ділянок між собою.

Методичною основою дослідження слугують статистичні методи, зокрема побудова гістограм параметрів селевих осередків і кореляційний аналіз. Зазначені методи дозволяють виявити закономірності просторового поширення показників селевих осередків певної величини в карпатській частині басейну р. Дністер та встановити характер взаємозв'язків між досліджуваними показниками.

Таким чином, викладений у розділі матеріал формує методичну базу для подальшого дослідження. Зокрема, отримана інформація дозволяє побудувати гістограми та кореляційну матрицю для відбору інформативних показників і обґрунтування умов формування селів у карпатській частині басейну р. Дністер.

РОЗДІЛ 5

СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ СЕЛЕВИХ ОСЕРЕДКІВ КАРПАТСЬКОЇ ЧАСТИНИ БАСЕЙНУ Р. ДНІСТЕР

5.1. Аналіз та узагальнення гістограм розподілу характеристик селевих потоків та їх водозборів, інтерпретація отриманих результатів

Використовуючи покрокову інструкцію методики з побудови гістограм розподілу (підрозділ 5.2), спочатку були розраховані абсолютні (у кількості випадків) та відносні частоти (у%) появи параметрів (характеристик) селевих осередків у межах визначених інтервалів, за результатами яких побудовано гістограми розподілу частот характеристик селевих потоків та їх водозборів у карпатській частині басейну р. Дністер.

В табл. 5.1 розраховано, а на рис. 5.1 представлена гістограма розподілу площ водозборів селевих потоків у карпатській частині басейну р. Дністер.

Таблиця 5.1

Розрахунок розподілу площ селевих басейнів у карпатській частині басейну р. Дністер

Характеристика	Інтервали площ водозборів селевих басейнів (км ²)									
	137-123,4	123,3-109,7	109,6 -96,0	95,9-82,3	82,2-68,6	68,5-54,9	54,8-41,2	41,1-27,5	27,4-13,8	13,7-0
Абсолютна частота, у кількості випадків	1	0	0	0	0	0	0	5	1	78
Відносна частота, у %	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	1,2	91,8

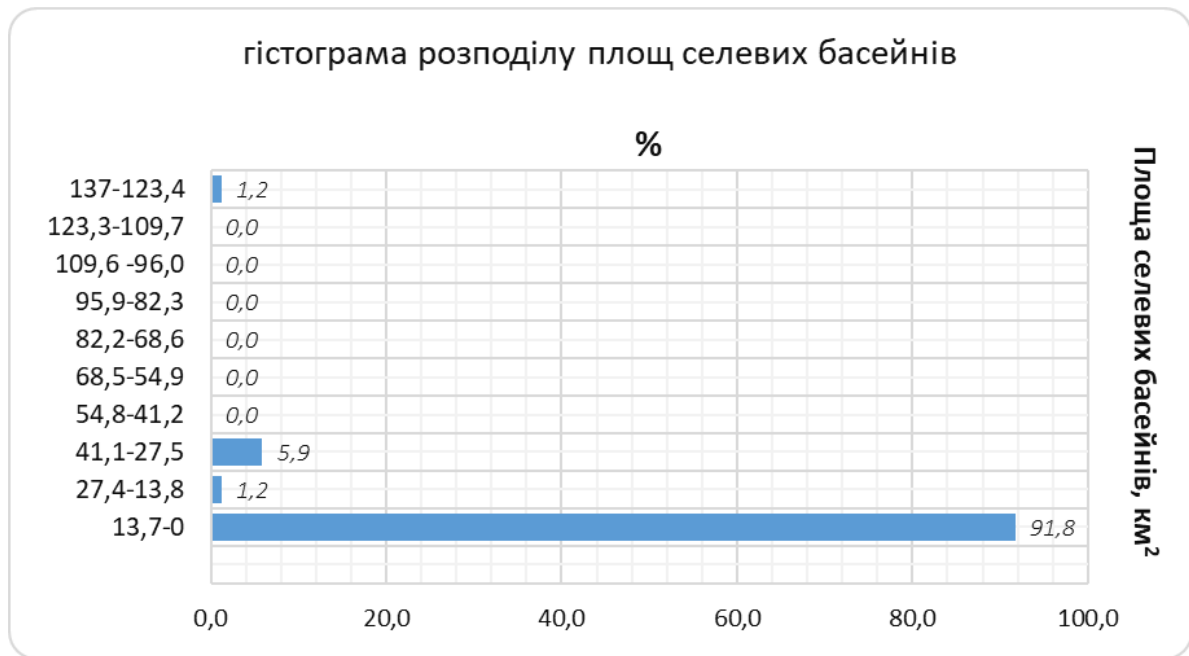


Рис. 5.1. Гістограма розподілу площ селевих водозборів у карпатській частині басейну р. Дністер

Аналізуючи гістограму, що описує розподіл селевих басейнів за їх площею, було виявлено, що у карпатській частині р. Дністер найбільш ймовірна поява селів з невеликими площами водозборів, до $\approx 13,7$ км². На такі невеликі селеві басейни приходить 78 випадків із досліджуваних 85, що складає 91,8%, а це свідчить про розповсюдженість таких водозборів в досліджуваній місцевості.

На інтервал з площами селевих водозборів від 13,8 км² до 41,1 км² приходить 6 випадків із досліджуваних 85 (7,1%), а селеві басейни з площею понад 39 км² є рідкісними, практично відсутніми. Є лише один випадок, коли площа селевого басейну досягла 137 км² (1,2%) (рис. 5.1). Наявність одиничного випадку селевого басейну площею 137 км² свідчить про рідкісність події, але в той же час є сигналом про потенційну небезпеку і вказує на існування екстремальних, хоча гіпотетичних, умов у карпатській частині р. Дністер, де все ж можуть виникати надзвичайно потужні селі з великими площами селевих басейнів.

В табл. 5.2 розраховано, а на рис. 5.2 представлена гістограма розподілу висотних відміток найвищих точок селевих басейнів у карпатській частині басейну р. Дністер.

Таблиця 5.2

Розрахунок розподілу висотних відміток найвищих точок селевих водозборів у карпатській частині басейну р. Дністер

Характеристика	Інтервали висотних відміток найвищих точок селевих басейнів, мБс									
	1761-1651,8	1651,8-1542,6	1542,6-1433,4	1433,4-1324,2	1324,2-1215,0	1215,0-1105,8	1105,8-996,6	996,6-887,4	887,4-778,2	778,1-669,0
Абсолютна частота, у кількості випадків	2	4	5	8	12	8	12	5	20	9
Відносна частота, у %	2,4	4,7	5,9	9,4	14,1	9,4	14,1	5,9	23,5	10,6

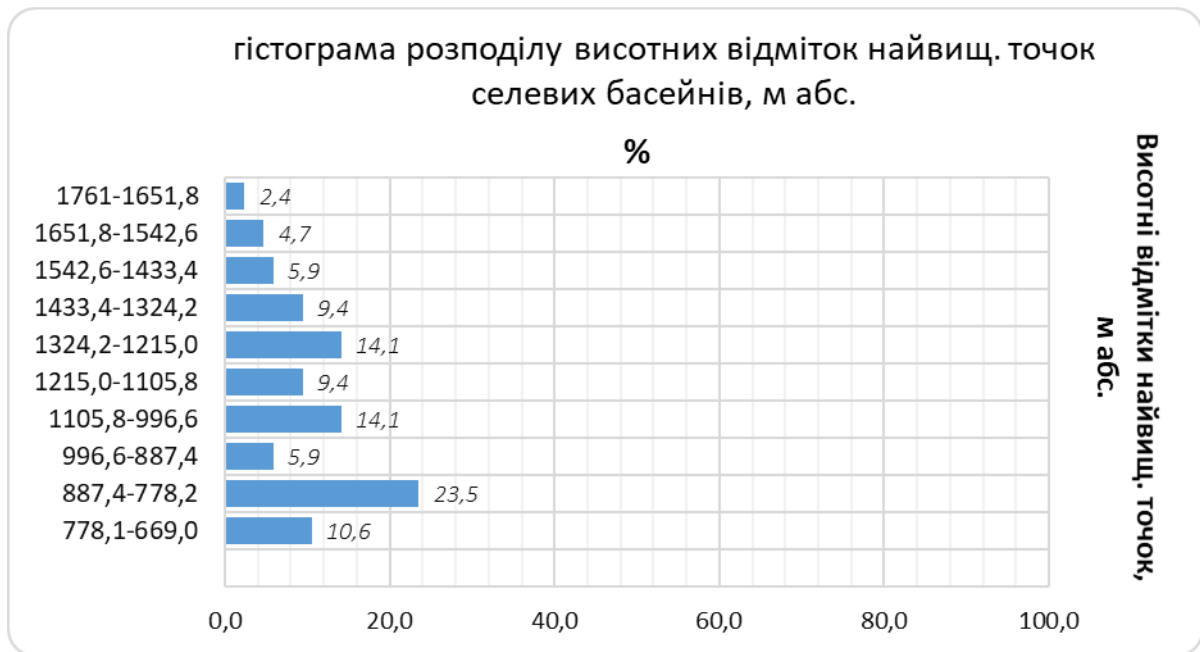


Рис. 5.2. Гістограма розподілу висотних відміток найвищих точок селевих водозборів у карпатській частині басейну р. Дністер

Аналіз гістограми розподілу висотних відміток найвищих точок селевих басейнів показує, що найбільша повторюваність припадає на інтервал 778,2–

887,4 м абс. — 20 випадків із 85 (23,5% від загальної кількості досліджених басейнів). Це формує «ядро» розподілу і вказує на приуроченість більшості селевих осередків до середньогірних висот. Саме на цих рівнях рельєф, як правило, достатньо розчленований, а схили здатні одночасно акумулювати уламковий матеріал та забезпечувати умови його залучення в руслові потоки під час злив.

Помітна частка значень зосереджена у вищих інтервалах висот: 996,6–1105,8 м абс. та 1215,0–1324,2 м абс. мають по 12 випадків (по 14,1%), а 1324,2–1433,4 м абс. — 8 випадків (9,4%). Така структура розподілу свідчить, що значна частина басейнів характеризується підвищеним потенціалом гравітаційно-ерозійних процесів (зсувів, осипів, інтенсивного змиву), що може збільшувати селеформувальний матеріальний ресурс.

Екстремально високі відмітки найвищих точок селевих басейнів трапляються рідко: в межах висот 1651,8–1761,0 м абс. — 2 випадки (2,4%), 1542,6–1651,8 м абс. — 4 випадки (4,7%). Хоча такі значення є винятком, вони демонструють наявність осередків, де за екстремальних опадів та достатньої кількості уламкового матеріалу можливе формування селів у високогірних умовах. Максимальне значення висоти найвищої точки селевих басейнів у вибірці становить 1761 м абс.

В табл. 5.3 розраховано, а на рис. 5.3 представлена гістограма розподілу середнього похилу селевого русла у карпатській частині басейну р. Дністер.

З гістограми видно, що найбільш імовірні значення середнього похилу припадають на інтервали 93,6–149,2‰ та 149,2–204,8‰ — відповідно 22 (25,9%) і 21 (24,7%) випадок. Отже, майже половина досліджених русел має похили в межах 93,6–204,8‰, тобто значення, що забезпечують достатню енергію потоку для активного переміщення уламкового матеріалу та розвитку селевих процесів за наявності інтенсивного водонасичення.

Таблиця 5.3

**Розрахунок розподілу середніх похилів селевих русел у карпатській частині
басейну р. Дністер**

Характеристика	Інтервали середніх похилів селевих русел, м/км									
	594-538,4	538,4-482,8	482,8-427,2	427,2-371,6	371,6-316,0	316,0-260,4	260,4-204,8	204,8-149,2	149,2-93,6	93,5-38,0
Абсолютна частота, у кількості випадків	2	0	2	2	2	11	10	21	22	13
Відносна частота, у %	2,4	0,0	2,4	2,4	2,4	12,9	11,8	24,7	25,9	15,3



Рис. 5.3. Гістограма розподілу середнього похилу селевого русла у карпатській частині басейну р. Дністер

Додатково інтервали середнього похилу селевого русла в межах 204,8–260,4‰ (10 випадків, 11,8%) та 260,4–316,0‰ (11 випадків, 12,9%) формують ще близько чверті вибірки. Це підкреслює, що значна частина русел характеризується підвищеними похилами, а отже – потенційно більшою

швидкістю потоку та вищою здатністю залучати матеріал у руслі й на прилеглих схилах.

Надзвичайно великі похили (понад 371,6‰) трапляються поодинокі (по 2 випадки, 2,4%), а інтервал 482,8–538,4 ‰ не містить випадків. Таким чином, екстремально круті русла не є типовими для вибірки середнього похилу селевого русла у карпатській частині басейну р. Дністер, однак поодинокі значення відображають наявність локальних ділянок з максимальною енергією потоку, де селеві події можуть мати найбільш «жорсткий» режим перебігу. Максимальне значення середнього похилу у вибірці — 594‰.

В табл. 5.4 розраховано, а на рис. 5.4 представлена гістограма розподілу довжини селевого русла у карпатській частині басейну р. Дністер.

Таблиця 5.4

Розрахунок розподілу довжин селевих потоків у карпатській частині басейну р. Дністер

Характеристика	Інтервали довжин селевих потоків, км									
	21,5-19,4	19,4-17,3	17,3-15,2	15,2-13,1	13,1-11,0	11,0-8,9	8,8-6,8	6,7-4,7	4,6-2,6	2,5-0
Абсолютна частота, у кількості випадків	1	0	0	0	3	1	2	2	21	55
Відносна частота, у %	1,2	0,0	0,0	0,0	3,5	1,2	2,4	2,4	24,7	64,7

Аналіз гістограми розподілу довжини селевого русла у карпатській частині басейну р. Дністер показує різко виражене домінування коротких русел: на інтервал 0–2,5 км припадає 55 випадків із 85 (64,7%). Це свідчить, що для досліджуваної території типові малі селеві системи з коротким шляхом концентрації стоку. У таких басейнах час реагування на опади мінімальний, що підвищує імовірність раптового формування селевого потоку та ускладнює оперативне попередження.

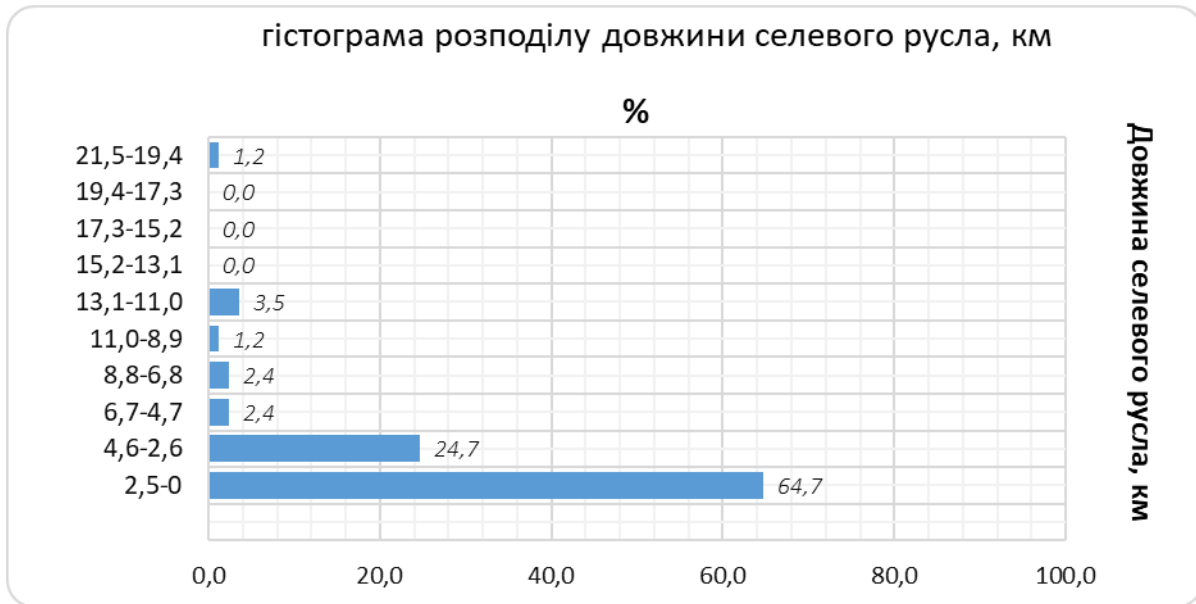


Рис. 5.4. Гістограма розподілу довжини селевого русла у карпатській частині басейну р. Дністер

Другим за повторюваністю є інтервал 2,6–4,6 км – 21 випадок (24,7%). Таким чином, 76 випадків із 85 (89,4%) мають довжину селевого русла до 4,6 км, що підтверджує локальний характер більшості селевих осередків і переважання короткочасних, але інтенсивних селевих проявів.

Довжини селевих рісел понад 11 км представлені поодинокими значеннями: 13,1–11,0 км – 3 випадки (3,5%), а в інтервалі 19,4–21,5 км зафіксовано лише 1 випадок (1,2%). Наявність одиничного максимуму свідчить про рідкісність довгих селевих русел у вибірці, але одночасно вказує на можливість формування селів із більшою протяжністю зони ураження в окремих нетипових осередках. Максимальна довжина селевого русла у карпатській частині басейну р. Дністер у вибірці – 21,5 км.

В табл. 5.5 розраховано, а на рис. 5.5 представлена гістограма розподілу висотних відміток замикаючих створів селевих басейнів у карпатській частині басейну р. Дністер.

Таблиця 5.5

Розрахунок гістограми розподілу висотних відміток замикаючих створів селевих потоків у карпатській частині басейну р. Дністер

Характеристика	Інтервали висотних відміток замикаючих створів селевих потоків, мБс									
	980-918,3	918,3-856,6	856,6-794,9	794,9-733,2	733,2-671,5	671,5-609,8	609,8-548,1	548,0-486,4	486,4-424,7	424,6-363,0
Абсолютна частота, у кількості випадків	3	1	4	8	11	6	6	27	16	3
Відносна частота, у %	3,5	1,2	4,7	9,4	12,9	7,1	7,1	31,8	18,8	3,5

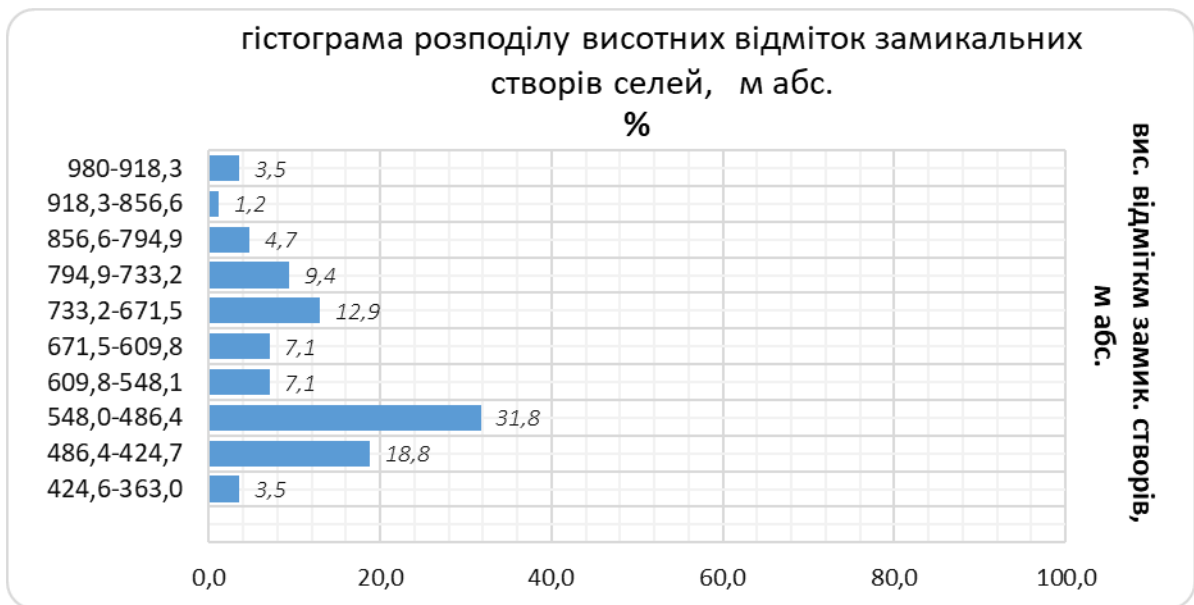


Рис. 5.5. Гістограма розподілу висотних відміток замикаючих створів селевих потоків у карпатській частині басейну р. Дністер

З гістограми висотних відміток замикаючих створів селевих потоків у карпатській частині басейну р. Дністер видно, що найбільша повторюваність припадає на інтервал 486,4–548,0 м абс. – 27 випадків із 85 (31,8%). Це означає, що для більшості селевих осередків вихід потоку з басейну в долинну мережу відбувається на близьких висотних рівнях, що може відображати спільні

морфологічні особливості долин і характерні рівні врізу водотоків у межах досліджуваної території.

Друга за частотою група висотних відміток замикаючих створів зосереджена в інтервалі 424,7–486,4 м абс. – 16 випадків (18,8%). Разом два найбільш частотні інтервали охоплюють 43 випадки із 85 (50,6%), тобто більше половини замикаючих створів лежать у межах висот 424,7–548,0 м абс. і формують «типовий» висотний пояс виходу селевих потоків.

Вищі інтервали представлені меншою кількістю випадків (наприклад 671,5–733,2 м абс. – 11 випадків, 12,9%), а крайні значення зустрічаються рідко (980–918,3 м абс. та 424,6–363,0 м абс. — по 3 випадки, 3,5%). Максимальна висота замикаючого створу селевого потоку у карпатській частині басейну р. Дністер у вибірці становить 980 м абс., що вказує на можливість виходу селевих потоків і на відносно високих рівнях, але як виняток.

Аналіз результатів всіх побудованих гістограм представлено в табл. 5.6. На основі наданих в таблиці даних, можна провести аналіз найхарактерніших параметрів селевих потоків та їх басейнів у карпатській частині басейну р. Дністер.

Таблиця 5.6

**Найхарактерніші значення параметрів селевих потоків та їх басейнів
у карпатській частині басейну р. Дністер**

Основні характеристики селевих осередків	Найхарактерніші величини селевих потоків та їх басейнів	% від всіх випадків	екстремальні (найбільші) значення
Площі селевих басейнів	< 13,7 км ²	91,8	137 км ²
Висотні відмітки найвищих точок селевих басейнів	778- 887 м Бс	23,5	1761 м абс.
Середні похили селевих русел	94 -205 м/км	50,6	594‰
Довжини селевих русел	< 4.6 км	89.4	21,5 км
Висотні відмітки замикаючих створів селів	425 - 548 м Бс	50,6	980 м абс.

Узагальнення результатів побудованих гістограм показує, що для селевих осередків карпатської частини басейну р. Дністер *характерне домінування малих за площею водозборів та коротких селевих русел. Площа до 13,7 км² охоплює 91,8% вибірки, а довжина русла до 4,6 км – 89,4%, що свідчить про переважання локальних, швидкореагуючих селевих систем із високою раптовістю прояву.*

За показником *середнього похилу встановлено концентрацію значень у межах 93,6–204,8 ‰ (50,6%), а також помітну частку підвищених похилів до 316‰. Це означає, що більшість русел має достатній енергетичний потенціал для активного транспорту твердого матеріалу, тоді як екстремальні похили є рідкісними і характеризують окремі локальні ділянки з потенційно найбільш інтенсивними сценаріями селеутворення.*

Гіпсометричні умови формування селевих басейнів характеризуються *«ядром» висот найвищих точок у межах 778,2–887,4 м абс. (23,5%) та суттєвими частками у вищих інтервалах до 1324 м абс., що відображає приуроченість селевих осередків до середньо- та високогірних умов. Висоти замикаючих створів мають виразну концентрацію в діапазоні 424,7–548,0 м абс. (50,6%), що може бути використано для попереднього виділення найбільш типових висотних рівнів виходу селевих потоків у долинну мережу.*

Поодинокі екстремальні значення (площі селевих басейнів $S = 137$ км², довжини селевих русел $L = 21,5$ км, середні похили селевих русел $I = 594$ ‰, висотні відмітки найвищих точок селевих басейнів $H_{max} = 1761$ м абс., висотні відмітки замикаючих створів селів $H_{out} = 980$ м абс.) підтверджують загальну нерівномірність розподілів і вказують на існування рідкісних, але потенційно найбільш небезпечних умов формування селів, які доцільно враховувати при оцінці селевої небезпеки та плануванні протиселевих заходів.

5.2. Виявлення взаємозв'язків між характеристиками селевих потоків та їх басейнів на основі кореляційного аналізу

У даному підрозділі виконано кореляційний аналіз для виявлення та кількісної оцінки взаємозв'язків між морфометричними характеристиками селевих басейнів і параметрами селевого русла. Розрахунки виконані за даними Додатка, базовим коефіцієнтом прийнято рангову кореляцію Спірмена ρ , оскільки площа S і довжина L мають різко асиметричні розподіли та поодинокі великі значення [35; 41; 43; 44].

Для аналізу використано такі показники: площа селевого басейну S (км²), довжина селевого русла L (км), середній похил русла I (‰), висотна відмітка найвищої точки басейну H_{max} (м абс.), висотна відмітка замикаючого створу H_{out} (м абс.). Додатково розраховано перепад висот $\Delta H = H_{max} - H_{out}$ (м) як показник енергії рельєфу басейну.

Перевірка вихідних даних показала відсутність пропусків у числових стовпцях (усі 85 рядків заповнені). Порівняння медіан і максимумів (табл. 5.7) демонструє значну асиметрію для S і L (наявність поодиноких великих басейнів), що підтверджує доцільність застосування ρ Спірмена [35].

Таблиця 5.7

Описові характеристики показників селевих потоків та їх басейнів у карпатській частині басейну р. Дністер ($n = 85$)

Показник	min	Q1	Me	Q3	max
S (км ²)	0,08	0,61	1,41	3,60	137,00
L (км)	0,50	1,00	1,70	3,00	21,50
I (‰)	38	126	169	249	594
H_{max} (м абс.)	669	850	1072	1300	1761
H_{out} (м абс.)	363	490	525	720	980
ΔH (м)	196	341	502	633	1040

Кореляційну матрицю побудовано за коефіцієнтом Спірмена ρ . Статистичну значущість кореляцій оцінювали за p -значеннями, а для врахування множинних порівнянь застосовано поправку Бенджаміні–Гохберга (контроль частки хибних виявлень) [39; 40]. У таблиці 5.8 значущі після поправки зв'язки позначені символом «*» ($p < 0,05$).

Таблиця 5.8

Кореляційна матриця (ρ Спірмена) між характеристиками селевих басейнів і русел у карпатській частині басейну р. Дністер ($n = 85$)

Показник	S (км ²)	L (км)	I (‰)	Hmax (м абс.)	Hout (м абс.)	ΔH (м)
S (км ²)	1,000	0,959*	-0,675*	0,504*	0,035	0,636*
L (км)	0,959*	1,000	-0,694*	0,456*	-0,026	0,612*
I (‰)	-0,675*	-0,694*	1,000	0,003	0,307*	-0,189
Hmax (м абс.)	0,504*	0,456*	0,003	1,000	0,661*	0,857*
Hout (м абс.)	0,035	-0,026	0,307*	0,661*	1,000	0,225
ΔH (м)	0,636*	0,612*	-0,189	0,857*	0,225	1,000

Примітка: «*» – статистично значущий зв'язок при $p < 0,05$ після поправки Бенджаміні–Гохберга [39; 40].

Таблиця 5.9

Найбільш інформативні кореляційні зв'язки (ρ Спірмена) між характеристиками селевих басейнів і русел у карпатській частині басейну р. Дністер ($n = 85$)

Пара показників	ρ	Напрямок	Тіснота	p (після поправки)
S (км ²) — L (км)	0,959	прямий	сильний	<0,001
Hmax (м абс.) — ΔH (м)	0,857	прямий	сильний	<0,001
L (км) — I (‰)	-0,694	обернений	відчутний	<0,001
S (км ²) — I (‰)	-0,675	обернений	відчутний	<0,001
Hmax (м абс.) — Hout (м абс.)	0,661	прямий	відчутний	<0,001
S (км ²) — ΔH (м)	0,636	прямий	відчутний	<0,001
L (км) — ΔH (м)	0,612	прямий	відчутний	<0,001
S (км ²) — Hmax (м абс.)	0,504	прямий	відчутний	<0,001
L (км) — Hmax (м абс.)	0,456	прямий	помірний	<0,001
I (‰) — Hout (м абс.)	0,307	прямий	помірний	0,006

Інтерпретація виконувалась за модулем коефіцієнта ρ : $<0,30$ – слабкий; $0,30-0,50$ – помірний; $0,50-0,70$ – відчутний; $>0,70$ – сильний. Нижче подано *основні закономірності*, які доцільно використовувати для обґрунтування висновків та усного представлення результатів.

1) *Масштаб басейну та протяжність русла*. Отримано сильний прямий зв'язок між S і L ($\rho = 0,959$, $p < 0,001$). Це означає, що зі збільшенням площі селевого басейну типово зростає довжина селевого русла, що відображає морфометричну організацію гірських водозборів [41].

2) *Похил русла та «розмірність» басейну*. Встановлено відчутні обернені зв'язки між I та S ($\rho = -0,675$, $p < 0,001$) і між I та L ($\rho = -0,694$, $p < 0,001$). Практично це означає, що короткі та малі басейни частіше відповідають крутішим руслам, тоді як зі збільшенням протяжності руслового тракту середній похил зменшується [41; 45; 46].

3) *Висотні умови та перепад висот*. Між $H_{\max}$ і ΔH виявлено сильний прямий зв'язок ($\rho = 0,857$, $p < 0,001$), тобто вищі басейни зазвичай мають і більший перепад висот, що пов'язано з більшим енергетичним потенціалом рельєфу та інтенсивністю руслових і схилових процесів у гірських умовах [46].

4) *Узгодженість висотних відміток у межах басейну*. Виявлено відчутний прямий зв'язок між $H_{\max}$ та H_{out} ($\rho = 0,661$, $p < 0,001$). Це свідчить про узгодженість вертикальної структури басейнів: басейни, що приурочені до вищих частин гірської території, мають вищі як верхні, так і нижні відмітки [46].

5) *Перепад висот та морфометричні показники*. Отримано відчутні прямі зв'язки ΔH із S ($\rho = 0,636$, $p < 0,001$) та ΔH із L ($\rho = 0,612$, $p < 0,001$). Це означає, що у вибірці більші за розмірами басейни часто мають більший перепад висот. Водночас такий результат слід трактувати як властивість даного набору басейнів і фізико-географічних умов району дослідження [41; 45; 46].

б) Зв'язки, які не підтвердилися. Між S і H_{out} кореляція практично відсутня ($\rho = 0,035$, $p > 0,05$ після поправки). Також не виявлено зв'язку між I та H_{max} ($\rho = 0,003$). Це вказує, що середній похил русла в даній вибірці більше пов'язаний із довжиною/масштабом руслового тракту, ніж із абсолютною висотою верхньої точки [41].

Окремо слід враховувати **взаємозалежність показників**. Дуже висока кореляція S – L означає, що ці змінні практично описують одну й ту саму властивість «розмірності» басейну. Так само H_{max} і ΔH мають дуже тісний зв'язок. Тому при подальшому аналізі (наприклад, при побудові регресійних залежностей) доцільно обирати по одному представнику з таких пар, щоб уникати дублювання інформації та нестійких оцінок параметрів [35].

Отже, кореляційний аналіз дозволив виділити статистично значущі та фізично інтерпретовані закономірності між характеристиками селевих басейнів і русел. Найважливіші для практичних висновків: (а) сильний прямий зв'язок S – L ; (б) обернені зв'язки I – S та I – L ; (в) сильний зв'язок H_{max} – ΔH ; (г) відсутній прямий зв'язок H_{max} – H_{out} . Виявлені залежності можуть використовуватись як обґрунтування для подальшої оцінки факторів селенебезпеки та побудови моделей [41; 45; 46].

За результатами кореляційного аналізу (ρ Спірмена, $n = 85$, значущість перевірено з урахуванням поправки Бенджаміні–Гохберга) встановлено такі основні закономірності: площа селевого басейну S має прямий зв'язок із довжиною селевого русла L ($\rho = 0,959$), тобто зі збільшенням площі басейну зростає протяжність русла. Середній похил русла I демонструє обернені зв'язки з показниками «розмірності» басейну — як із S ($\rho = -0,675$), так і з L ($\rho = -0,694$), що означає: менші й коротші басейни в середньому мають крутіші русла. Висотні характеристики узгоджені між собою: H_{max} має відсутній прямий зв'язок із висотою замикаючого створу H_{out} ($\rho = 0,661$). Перепад висот ΔH є прямо

пов'язаний із H_{max} ($\rho = 0,857$) та відчутно прямо — з S ($\rho = 0,636$) і L ($\rho = 0,612$), що вказує на більший вертикальний діапазон у більших за масштабом басейнах. Водночас зв'язки $S-H_{out}$ ($\rho = 0,035$) та $I-H_{max}$ ($\rho = 0,003$) статистично не підтвердилися ($p > 0,05$ після поправки), тобто в цій вибірці висота замикаючого створу та абсолютна висота верхньої точки не визначають площу басейну й середній похил русла.

Висновки до 5 розділу

У розділі виконано статистичний аналіз параметрів селевих осередків карпатської частини басейну р. Дністер на основі узагальнення гістограм частот та кореляційного аналізу.

Побудовані гістограми показали різко нерівномірні розподіли більшості морфометричних характеристик і чітке домінування малих за масштабом селевих систем: площі водозборів до $\approx 13,7$ км² охоплюють 91,8% вибірки, а довжини селевого русла до 4,6 км – 89,4%, що вказує на переважання локальних, швидкореагуючих осередків із підвищеною раптовістю прояву. За середнім похилом русел встановлено концентрацію значень у межах 93,6–204,8‰ (сукупно близько половини випадків). Гіпсометричні умови характеризуються концентрацію висот найвищих точок у межах 778,2–887,4 м абс. (23,5 % вибірки) та типовим діапазоном висот замикаючих створів 424,7–548,0 м абс. (понад половина випадків). Поодинокі екстремальні значення (площі селевих басейнів $S = 137$ км², довжини селевих русел $L = 21,5$ км, середні похили селевих русел $I = 594$ ‰, висотні відмітки найвищих точок селевих басейнів $H_{max} = 1761$ м абс., висотні відмітки замикаючих створів селів $H_{out} = 980$ м абс.)) підтверджують загальну асиметрію розподілів і вказують, що регіон характеризується високим ступенем селевої небезпеки, де поодинокі об'єкти здатні генерувати потоки

катастрофічного масштабу, які значно перевищують середньостатистичні очікування. Їх необхідно враховувати при оцінці селевої небезпеки та плануванні протиселевих заходів.

Для кількісної оцінки взаємозв'язків між параметрами застосовано рангову кореляцію Спірмена (через асиметричність розподілів і наявність викидів), а статистичну значущість зв'язків перевірено з урахуванням поправки Бенджаміні–Гохберга. Встановлено: (1) сильний прямий зв'язок між площею басейну S і довжиною селевого русла L ($\rho = 0,959$), тобто зі збільшенням масштабу водозбору зростає протяжність селевого потоку; (2) відчутні обернені зв'язки похилу селевих русел I з «розмірністю» басейну ($I-S$: $\rho = -0,675$; $I-L$: $\rho = -0,694$), що означає: менші/коротші селеві басейни в середньому мають крутіші русла; (3) сильний прямий зв'язок $H_{max}-\Delta H$ ($\rho = 0,857$) та відчутні прямі зв'язки ΔH із S і L ($\rho = 0,636$ та $0,612$), які відображають закономірне зростання вертикального діапазону в більших за масштабом басейнах; (4) відчутний прямий зв'язок $H_{max}-H_{out}$ ($\rho = 0,661$), що свідчить про узгодженість висотної структури басейнів. Водночас зв'язки $S-H_{out}$ та $I-H_{max}$ статистично не підтвердилися, тобто в межах даної вибірки висота замикаючого створу H_{out} та абсолютна висота верхньої точки H_{max} не визначають ні площу басейну S , ні середній похил русла I .

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі досліджено просторове розповсюдження селевих осередків та виконано статистичний аналіз їх параметрів у карпатській частині басейну річки Дністер. У ході роботи узагальнено теоретичні положення щодо умов формування селевих потоків, проаналізовано історію вивчення селевих явищ в Українських Карпатах, охарактеризовано природні умови досліджуваної території та здійснено статистичну обробку морфометричних характеристик селевих осередків.

Встановлено, що селеві потоки формуються за поєднання кількох основних природних передумов, серед яких вирішальне значення мають круті схили, наявність пухкого уламкового матеріалу, значні похили русел, інтенсивні зливові опади або швидке танення снігу. Водночас важливу роль у розвитку селевих процесів відіграють і антропогенні чинники, зокрема вирубування лісів, порушення природного стану схилів та зміна умов поверхневого стоку.

У результаті дослідження просторового поширення селевих осередків у карпатській частині басейну р. Дністер виявлено, що вони розміщені нерівномірно і мають чітко виражений осередковий характер. Найбільша концентрація селевих осередків приурочена до гірських районів, де поєднуються значна розчленованість рельєфу, висока густота руслової мережі, значні похили водозборів і русел, а також сприятливі геолого-геоморфологічні умови для накопичення та переміщення уламкового матеріалу.

Статистичний аналіз параметрів селевих осередків показав, що для досліджуваної території найбільш характерними є невеликі за площею водозбори, короткі селеві русла та значні середні похили. Це свідчить про

переважання малих селевих систем, які за відповідних гідрометеорологічних умов можуть швидко реагувати на зливові опади та формувати небезпечні селеві потоки. Разом з тим наявність окремих басейнів із більшими морфометричними параметрами вказує на можливість формування більш потужних селевих проявів.

За результатами кореляційного аналізу встановлено наявність закономірних взаємозв'язків між окремими характеристиками селевих басейнів. Найтісніший зв'язок спостерігається між площею басейну та довжиною селевого русла, що підтверджує природну морфометричну узгодженість цих параметрів. Водночас із збільшенням площі басейну та довжини русла середній похил, як правило, зменшується, що також відображає загальні закономірності будови селевих систем у межах досліджуваної території.

Отже, виконане дослідження дало змогу виявити основні закономірності просторового розповсюдження селевих осередків та особливості їх морфометричної структури в карпатській частині басейну річки Дністер. Отримані результати можуть бути використані для подальшого вивчення селевих процесів, оцінки селевої небезпеки, районування території за ступенем селевої активності та обґрунтування заходів щодо зниження ризику прояву селевих явищ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Hydrological geoinformation modeling of river basins in the context of mudflow process monitoring in Eastern Transcarpathia. Earthdoc. URL: <https://www.earthdoc.org/content/papers/10.3997/2214-4609.2025510167> (дата звернення: 25.04.2026).

2. Вишневецький В. І., Косовець О. О. Гідрологічні характеристики річок України. Київ: Ніка-Центр, 2003. 324 с.

3. Гнатів І. Р., Гнатів Р. М. Основні чинники утворення селевих потоків на схилових територіях Карпат. XVIII Міжнародна наукова конференція «Моніторинг геологічних процесів та екологічного стану довкілля», 14–17 квітня 2025 р. Київ, 2025. URL: <http://www.proconference.org/index.php/gec/article/download/gec37-01-015/2612> (дата звернення: 25.04.2026).

4. Сель (паводок). Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Сель_\(паводок\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Сель_(паводок)) (дата звернення: 25.04.2026).

5. Сурай К. С., Лук'янець О. І. Основні характеристики селевих басейнів Українських Карпат: статистичний аналіз та особливості їх територіального розповсюдження. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2017. № 2(45). С. 53–60.

6. Дністер. Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Дністер> (дата звернення: 25.04.2026).

7. Передкарпатський прогин. Енциклопедія сучасної України. URL: <https://esu.com.ua/article-879807> (дата звернення: 25.04.2026).

8. Ковальчук І. П. Гідролого-геоморфологічні процеси в Карпатському регіоні України. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2012. URL:

<https://nasplib.isofts.kiev.ua/bitstreams/99b8116a-0d7b-4b45-842e-b41052853f1b/download> (дата звернення: 25.04.2026).

9. Carpathian Mountains: Rivers, Valleys, Peaks. Encyclopaedia Britannica. URL: <https://www.britannica.com/place/Carpathian-Mountains/Drainage> (дата звернення: 25.04.2026).

10. Дністер. Вікіпедія: вільна енциклопедія. Розділ «Рослинний світ басейну Дністра». URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Дністер> (дата звернення: 25.04.2026).

11. Гідрологічний опис річки Дністер. Електронний архів Національного університету «Львівська політехніка». URL: <https://ena.lpnu.ua/bitstreams/39b6814f-dad6-4db9-a69b-be0431ab5ab8/download> (дата звернення: 25.04.2026).

12. Степанюк В. Р. Кліматичні зміни у верхів'ях річок Українських Карпат. Гідрометеорологія та екологія. 2019.

13. Дністровський національний природний парк: природні умови та кліматична характеристика території. URL: <https://dnisterpark.org.ua/> (дата звернення: 25.04.2026).

14. Хільчевський В. К., Ободовський О. Г., Гребінь В. В. та ін. Загальна гідрологія: підручник / за ред. В. К. Хільчевського, О. Г. Ободовського. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2008. 399 с.

15. Вишневський В. І. Річки і водойми України. Стан і використання. Київ: Віпол, 2000. 376 с.

16. Науково-експертний висновок про природні й техногенні причини проходження паводків у Закарпатті. Київ, 2001. URL: https://tlu.kiev.ua/uploads/media/Nauk-ekspertnii_visn-NAN-18052001.pdf (дата звернення: 25.04.2026).

17. American Society for Quality. What is a Histogram? ASQ: Quality Resources. URL: <https://asq.org/quality-resources/histogram> (дата звернення: 25.04.2026).

18. Helsel D. R., Hirsch R. M., Ryberg K. R., Archfield S. A., Gilroy E. J. Statistical Methods in Water Resources. U.S. Geological Survey Techniques and Methods. Book 4, Chapter A3. Reston: U.S. Geological Survey, 2020. URL: <https://pubs.usgs.gov/tm/04/a03/tm4a3.pdf> (дата звернення: 25.04.2026).

19. Helsel D. R., Hirsch R. M. Statistical Methods in Water Resources. U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations. Book 4, Chapter A3. Reston: U.S. Geological Survey, 2002. 510 p.

20. Методичні вказівки з статистичної обробки даних. Побудова гістограми та емпіричної кривої розподілу. URL: <http://lib.kart.edu.ua/bitstream/123456789/3340/1/> (дата звернення: 25.04.2026).

21. Гістограма. Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Гістограма> (дата звернення: 25.04.2026).

22. NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods. Exploratory Data Analysis. National Institute of Standards and Technology. URL: <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/eda.htm> (дата звернення: 25.04.2026).

23. Практична робота № 1. Способи узагальнення статистичних даних. Побудова гістограми та емпіричної кривої розподілу: методичні матеріали.

24. Freedman D., Diaconis P. On the histogram as a density estimator: L2 theory. *Zeitschrift für Wahrscheinlichkeitstheorie und Verwandte Gebiete*. 1981. Vol. 57. P. 453–476.

25. Sturges H. A. The choice of a class interval. *Journal of the American Statistical Association*. 1926. Vol. 21, No. 153. P. 65–66.

26. Scott D. W. On optimal and data-based histograms. *Biometrika*. 1979. Vol. 66, No. 3. P. 605–610.

27. Кобзар А. І. Прикладна математична статистика. Київ: КПП, 2016.
28. Гістограма. Вікіпедія: вільна енциклопедія. Розділ «Побудова гістограми». URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Гістограма> (дата звернення: 25.04.2026).
29. Практична робота № 1. Побудова гістограми розподілу та кривої накопичених частот: методичні матеріали.
30. McCuen R. H., Johnson P. A., Ragan R. M. Highway Hydrology. Hydraulic Design Series No. 2. 2nd ed. Washington: Federal Highway Administration, 2002. URL: https://rosap.nhtl.bts.gov/view/dot/44354/dot_44354_DS1.pdf (дата звернення: 25.04.2026).
31. Tukey J. W. Exploratory Data Analysis. Reading: Addison-Wesley, 1977. 688 p.
32. Wilks D. S. Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. 3rd ed. Oxford: Academic Press, 2011. 704 p.
33. Сурай К. С., Лук'янець О. І. Характеристики селевих басейнів Українських Карпат: статистичний аналіз та особливості їх територіального розповсюдження. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2017. № 2(45). С. 53–60. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/glghge_2017_2_8.pdf (дата звернення: 25.04.2026).
34. Науково-експертний висновок про природні й техногенні причини проходження паводків. Київ, 2001. URL: https://tlu.kiev.ua/uploads/media/Nauk-ekspertnii_visn-NAN-18052001.pdf (дата звернення: 25.04.2026).
35. Helsel D. R., Hirsch R. M., Ryberg K. R., Archfield S. A., Gilroy E. J. Statistical Methods in Water Resources. U.S. Geological Survey Techniques and

Methods. Book 4, Chapter A3. Reston: U.S. Geological Survey, 2020. URL: <https://pubs.usgs.gov/publication/tm4A3> (дата звернення: 25.04.2026).

36. World Meteorological Organization. Guide to Hydrological Practices. Volume I: Hydrology — From Measurement to Hydrological Information. WMO-No. 168. 6th ed. Geneva: WMO, 2008. URL: https://unstats.un.org/unsd/envaccounting/waterGuidelines/Material/WMO_Guide_168_Vol_I_en_hydrological_practices.pdf (дата звернення: 25.04.2026).

37. NIST/SEMATECH. Correlation. Dataplot Reference Manual. National Institute of Standards and Technology. URL: <https://www.itl.nist.gov/div898/software/dataplot/refman2/auxillar/correlat.htm> (дата звернення: 25.04.2026).

38. NIST/SEMATECH. Rank Correlation Independence Test. Dataplot Reference Manual. National Institute of Standards and Technology. URL: <https://www.itl.nist.gov/div898/software/dataplot/refman1/auxillar/rankcorr.htm> (дата звернення: 25.04.2026).

39. Benjamini Y., Hochberg Y. Controlling the False Discovery Rate: A Practical and Powerful Approach to Multiple Testing. Journal of the Royal Statistical Society. Series B. 1995. Vol. 57, No. 1. P. 289–300. URL: <https://academic.oup.com/jrsssb/article/57/1/289/7035855> (дата звернення: 25.04.2026).

40. Clifford P., Richardson S., Hémon D. Assessing the significance of the correlation between two spatial processes. Biometrics. 1989. Vol. 45, No. 1. P. 123–134. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2720048/> (дата звернення: 25.04.2026).

41. Мисковець І. Я., Мольчак Я. О. Гідрологія: навчальний посібник. Луцьк: ІВВ ЛНТУ, 2022. 318 с. URL: <https://lib.lntu.edu.ua/sites/default/files/2024-04/Посібник%20Гідрологія.pdf> (дата звернення: 25.04.2026).

42. Хільчевський В. К., Гребінь В. В., Манукало В. О. Гідрологічний словник. Київ: ДІА, 2022. URL: <https://search.nbuv.gov.ua/cgi-bin/ua/elib.exe?C21COM=S&I21DBN=UKRLIB&P21DBN=UKRLIB&S21All=%3C.%3EID%3Dukr0000022764%3C.%3E> (дата звернення: 25.04.2026).

43. Грицевич В. С. Кореляційний та регресійний аналіз в суспільній географії: тексти лекцій. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2016. URL: <https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/11/50272620.pdf> (дата звернення: 25.04.2026).

44. Лобода Н. С., Куза А. М. Методи математичної статистики у гідроекологічних дослідженнях: матеріали курсу. Одеса: ОНУ імені І. І. Мечникова. URL: https://onu.edu.ua/pub/bank/userfiles/files/fges/navch_mat/e4/metody-matematychnoi-statystyky-v-hidroekolohii.pdf (дата звернення: 25.04.2026).

45. Ободовський О. Г. Руслові процеси: навчальний посібник. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2001.

46. Ковальчук І. П. Гідролого-геоморфологічні процеси в Карпатському регіоні України. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2012.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А
Вихідні дані: характеристики селевих осередків
в карпатській частині р. Дністер

Таблиця А.1

Основні характеристики селевих осередків карпатської частині р. Дністер
(за даними УкрНДГМІ та гідрографічної партії ЦГО)

Назва водотоку, де утворився сель	Площа селевого басейну, км ²	Висотна відмітка вищої точки селевого басейну, м абс.	Характеристика селевого русла		Висотна відмітка замикаючого створу селевого потоку, м абс.
			Середній похил селевого русла, ‰	Довжина селевого русла, км	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Занів	2,25	825	103	2,0	435
Лісний	1,23	808	129	1,5	435
Снозів	0,53	756	169	1,0	440
Щепник	4,51	850	66	3,5	450
Красич	1,01	780	143	1,6	450
Без назви 4	0,43	752	127	0,6	460
Граничний	0,96	805	126	1,7	460
Глибокий	0,97	814	169	1,2	510
Князівський	0,33	723	157	0,7	510
Залокотець	1,00	800	113	1,3	510
Хитар	0,53	812	134	0,7	519
Ісайка	1,76	778	66	2,3	520
Лапш	4,08	887	93	3,3	530
Підканичів	0,76	790	119	1,2	525
Без назви 1	0,41	775	176	0,8	520
Без назви 2	0,18	800	295	0,7	510
Ліщинський	1,30	877	153	1,1	510
Без назви 3	0,08	706	320	0,5	510
Смерековатий	3,75	854	58	3,0	490
Сухий	0,59	831	249	0,7	490
Конечний	0,60	775	129	1,2	490
Надвір	0,43	790	243	0,7	475
Пальчат	0,80	886	151	1,1	475
Мельничний	3,95	965	97	3,3	450
Кривець	1,21	1015	136	2,8	450
Без назви 5	0,90	881	195	1,3	450
Лазний	2,32	1035	154	2,4	450

Продовження таблиці А.1

Назва водотоку, де утворився сель	Площа селевого басейну, км ²	Висотна відмітка вищої точки селевого басейну, м абс.	Характеристика селевого русла		Висотна відмітка замикаючого створу селевого потоку, м абс.
			Середній похил селевого русла, ‰	Довжина селевого русла, км	
1	2	3	4	5	6
Скольський	0,24	669	400	0,9	430
Яблонець	0,91	1042	271	1,3	490
Сеул	3,52	1057	181	2,9	525
Києвець	0,31	870	473	1,0	525
Кринички	0,56	800	250	0,8	495
Сухий	3,74	1136	188	2,6	495
Закал овець	1,38	1038	272	1,9	495
Жолоб	0,61	1400	261	1,0	540
Гливецький	2,00	1072	176	1,9	520
Скобенець	0,68	1072	283	1,1	570
Джер шин	4,57	1100	123	4,1	490
Гребеновець	3,93	1176	142	3,6	495
Без назви	0,31	1000	299	0,9	640
Без назви	0,59	1019	288	0,7	610
Болотний Лук	1,11	1185	283	1,7	710
Хома	3,63	970	174	2,8	750
Гребенек	3,09	1300	246	2,2	730
Комісарівський	1,96	1180	178	2,5	940
Без назви 1	0,45	1247	307	1,0	780
Яма	5,02	1353	120	3,2	790
Дощинка	1,36	1120	212	1,4	690
Без назви 12	0,22	760	336	0,8	540
Соколів	3,30	1246	139	3,0	640
Без назви	2,29	1377	185	2,4	710
Пушкін	2,52	1509	169	3,2	720
Верхня Кругла	0,80	1600	200	1,1	730
Без назви	0,36	1249	194	0,9	720
Кану сьак	0,77	1619	594	1,0	840
Без назви	3,38	1702	262	2,2	940
Без назви	0,25	1325	580	0,6	980
Малашанів	1,12	1431	147	1,6	750
Без назви	2,87	1507	232	1,4	750
Софіра	1,46	1373	239	2,1	740

Продовження таблиці А.1

Назва водотоку, де утворився сель	Площа селевого басейну, км ²	Висотна відмітка вищої точки селевого басейну, м абс.	Характеристика селевого русла		Висотна відмітка замикаючого створу селевого потоку, м абс.
			Середній похил селевого русла, ‰	Довжина селевого русла, км	
Без назви	0,59	1060	434	0,7	730
Без назви	0,43	1222	279	0,6	760
Марківці	2,03	1300	231	2,4	710
Без назви	0,71	1113	378	0,9	590
Княжий	2,87	926	131	3,0	580
Межеріки	1,52	1354	224	1,3	830
Розкички	1,60	1282	176	1,6	800
Ріпна	3,6	1213	146	2,7	750
Бухтовець	33,1	1322	59	11,4	510
Чарчин	6,45	1239	130	4,3	560
Хрепулів	36,4	1547	54	11,1	610
Препірський	2,46	1271	186	2,8	650
Максимець	28,7	1547	76	7,8	650
Домбромерецький	7,49	1489	112	4,2	730
Яма	2,62	1353	120	2,6	830
Дзюрдинець	7,87	1540	152	4,7	710
Зелениця	137	1761	38	21,5	900
Сухий	2,95	1213	168	3,1	580
Креми носа	3,73	1520	70	4,0	480
Розтока	14,4	1252	93	7,1	520
Тишівниця	36,6	940	47	9,3	363
Побук	10,1	930	79	5,8	380
Кам'янка	35,7	1261	63	11,2	419
Мала Дубровка	1,41	1100	257	1,8	458
Без назви	0,68	860	140	1,2	592