

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА

Факультет гідрометеорології і екології

Кафедра гідрології суші

## Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

### МАКСИМАЛЬНИЙ СТИК ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ НА ПРИТОКАХ СІВЕРСЬКОГО ДІНЦЯ (В МЕЖАХ УКРАЇНИ) MAXIMUM SPRING RUNOFF ON THE TRIBUTARIES OF THE SIVERSKY DONETS RIVER (WITHIN UKRAINE)

Виконала: здобувачка денної форми навчання  
спеціальності 103 «Науки про Землю»  
Освітньо-професійна програма Гідрометеорологія

Половникова Юлія Вадимівна

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

Керівник ст. викладач Кущенко Л.В.

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

Рецензент канд. геогр. наук, доц. Прокоф'єв О.М.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Рекомендовано до захисту:  
Протокол засідання кафедри  
гідрології суші  
№ 12 від 27.05. 2025 р.

Завідувачка кафедри

Валерія ОВЧАРУК

(підпис)

(прізвище, ім'я)

Захищено на засіданні ЕК № 2  
протокол №     від    .    . 2025 р.

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

Голова ЕК

(підпис)

Валерія ОВЧАРУК

(прізвище, ім'я)

Одеса 2025

## ЗМІСТ

	Стор.
Вступ	3
1 Короткий аналіз фізико-географічних особливостей басейну р. Сіверський Донець (в межах України).....	5
1.1 Географічне положення та гідрографічна мережа.....	5
1.2 Рельєф та геологічна будова водозборів.....	7
1.3 Ґрунтово-рослинний покрив та його вплив на формування стоку.	9
1.4 Кліматичні умови формування річкового стоку.....	11
1.5 Антропогенне навантаження на водозборах річок басейну Сіверського Дінця (в межах України).....	13
2 Загальна характеристика водного режиму річок басейну Сіверського Дінця.....	19
3 Оцінка характеристик максимального стоку весняного водопілля на притоках р. Сіверський Донець (в межах України).....	25
3.1 Короткі відомості про методи статистичної обробки в гідрології..	26
3.1.1 Оцінка точності вихідних даних.....	30
3.1.2 Гідролого-генетичний метод обробки стокових рядів.....	32
3.1.3 Статистичні параметри стокових рядів максимальних витрат води та шарів стоку весняного водопілля на притоках р. Сіверський Донець (в межах України).....	34
3.2 Дослідження фаз водності та циклічності стокових рядів весняного водопілля.....	40
Висновки.....	47
Перелік джерел посилання.....	49

## ВСТУП

Одна з головних водоносних артерій України річка Сіверський Донець забезпечує потреби у прісній воді населення та аграрно-промислового комплексу на Сході України в Харківській, Донецькій і Луганській областях.

*Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є визначення розрахункових характеристик максимального стоку весняного водопілля на притоках Сіверського Дінця (в межах України) та оцінити їх статистичні параметри за багаторічний період спостереження.*

*Об'єкт дослідження – річки басейну р. Сіверського Дінця в межах України.*

*Предмет дослідження – часові ряди максимальних витрат води, шарів стоку та тривалості весняного водопілля річок басейну р. Сіверського Дінця в межах України за весь період спостережень.*

**Завдання:**

- надати короткий аналіз місцеві факторів формування стоку та проаналізувати їх мінливість протягом року на досліджуваній території;
- за аналітичними джерелами проаналізувати антропогенне навантаження;
- надати загальну характеристику водного режиму річок басейну басейну р. Сіверського Дінця в межах України;
- створити базу даних максимальних витрат води, шарів стоку та тривалості весняного водопілля для досліджуваних приток;
- визначити та дослідити тренди у рядах максимальних витрат води, шарів стоку та тривалості весняного водопілля за багаторічний період спостережень;
- визначити статистичні параметри часових рядів максимального стоку на притоках р.Сіверського Дінця;
- проаналізувати динаміку змін основних характеристик максимального стоку весняного водопілля;
- оцінити водність річок досліджуваного регіону у сучасний період.

Для дослідження використано матеріали даних багаторічних спостережень за характеристиками весняного водопілля (таблиця 1.4), що опубліковані

Центральною геофізичною обсерваторією ім. Бориса Срезневського, інформація з офіційного сайту Сіверсько-Донецького басейнового управління водних ресурсів.

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

Практичне значення: отримані статистичні величини та визначені тенденції у головних характеристиках максимального стоку весняного водопілля на притоках Сіверського Дінця можуть бути використані при розробці заходів збереження водних ресурсів, адаптації до змін клімату та їх раціональному використанні.

# 1 КОРОТКИЙ АНАЛІЗ ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ БАСЕЙНУ Р.СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ (В МЕЖАХ УКРАЇНИ)

## 1.1 Географічне положення та гідрографічна мережа

Сіверський Донець є головною водною артерією сходу України та основним джерелом водопостачання для цих регіонів. Досліджуваний басейн розташований на південно-західних схилах Середньоруської височини (рис. 1.1) [1]. Витік річки знаходиться в районі міста Белгорода (рф), далі протікає річка по території України по Харківській, Донецькій та Луганській областях і впадає в річку Дон у Ростовській області (рф).



— — — — — - межі досліджуваної території басейну р. Сіверський Донець (в межах України)

Рисунок 1.1 – Карта фізико-географічного положення басейну р. Сіверський Донець на території України [2]

На заході та північному заході басейн річки Сіверський Донець межує з басейном річки Дніпро. На півночі та сході він межує з басейном річки Дон, а на півдні та південному сході – з річками Приазов'я. Довжина Сіверського Дінця в межах України становить 723 км, що складає значну частину від його загальної протяжності (1053 км). Площа басейну в межах України – 54500 км<sup>2</sup>, що становить 55% від повної площі водозбору. Це підкреслює важливість української ділянки річки для формування її загального водного балансу.

Гідрографічна мережа Сіверського Дінця розвинута досить нерівномірно (рис. 1.2). Загалом, у басейні Сіверського Дінця налічується понад 3000 річок, з яких 425 мають довжину понад 10 км, а 11 річок – понад 100 км. Понад тисяча з них безпосередньо впадає в Сіверський Донець.<sup>6</sup> У межах України басейн Сіверського Дінця налічує 1489 малих річок загальною довжиною 8,8 тис. км.



Рисунок 1.2 – Гідрографічна мережа річки Сіверського Дінця на території України [2]

Найбільшими притоками річки Сіверський Донець є Оскіл, Уди, Мож, Деркул та Казенний Торець. Ці притоки відіграють ключову роль у формуванні річкового стоку та загального гідрологічного режиму головної річки. Наприклад,

правий берег річки Оскіл є лісистим, тоді як лівий берег має мулисте дно, болотисті та піщані низини.<sup>1</sup> З метою забезпечення рівномірної подачі води протягом року в канал Сіверський Донець – Донбас було збудовано Краснооскільське водосховище на річці Оскіл. Його довжина становить понад 80 км, ширина – до 3 км, площа – понад 122 км<sup>2</sup>, глибина – до 15 м, а довжина берегів – близько 250 км.

Нижче за течією, після впадіння річки Вовча, розташоване Печенізьке водосховище, яке забезпечує водою місто Харків. Нижче Печенізького водосховища в Донець впадають річка Уди та найбільша притока Сіверського Дінця — Оскіл. У середній течії Сіверський Донець підживлюється водами річки Дніпро через канал Дніпро — Донбас, а нижче відгалужується канал Сіверський Донець — Донбас, що забезпечує водою Донецький вугільний басейн. Ці канали є значними гідротехнічними спорудами, що суттєво впливають на водний баланс та розподіл водних ресурсів у регіоні.

Для дослідження річного стоку було використано дані по 17 водозборах з площами від 189 км<sup>2</sup> (річка Лопань – смт Козача Лопань) до 22600 км<sup>2</sup> (річка Сіверський Донець – м. Ізюм). Згідно з класифікацією Водного Кодексу України, 10 з цих річок є малими та 7 – середніми за площею водозборів. Середня густина річкової мережі в басейні Сіверського Дінця становить 0,20 км/км<sup>2</sup>. Це показник, що відображає розгалуженість річкової системи та її здатність збирати поверхневий стік.

## 1.2 Рельєф та геологічна будова водозборів

Рельєф басейну річки Сіверський Донець є досить різноманітним, що значною мірою впливає на формування річкового стоку та гідрологічні процеси. Басейн розташований на південно-західних схилах Середньоруської височини.

На більшій частині своєї течії річка Сіверський Донець має широку долину, яка змінюється від 8-10 км у верхів'ях до 20-26 км у нижній течії. Долина здебільшого асиметрична. Правий берег високий (інколи зустрічаються крейдяні скелі), дуже розчленований ярами. Ці крейдяні відслонення, що подекуди

виступають, створюють мальовничі краєвиди, як, наприклад, у Національному природному парку "Святі гори" або заповіднику "Крейдова флора". Лівий берег, навпаки, пологий, і на ньому розміщується заплава з численними старицями, озерами і болотами, найбільше з яких – озеро Лиман у Чугуївському районі Харківської області.

Русло річки відрізняється звивистістю, особливо до впадіння річки Оскіл. У верхній і середній течії річки багато перекатів, бистрин, невеликих поріжків та завалів. У верхній течії (до м. Белгорода) річка перекрита греблями і складається з декількох невеликих водосховищ. У нижній течії, протягом 230 км, річка шлюзується, відрізняється слабкою течією та переважною шириною 100-200 м. Поблизу гирла річка розбивається на три рукави.

Геологічна будова басейну також має важливе значення. Територія басейну Сіверського Дінця включає структурно-денудаційні рівнини південних і південно-західних схилів Середньоруської височини, а також території, прилеглі до західних і північних околиць Донбасу, та структурно-денудаційні області Донецького кряжу. У межах Донецького кряжу переважають денудаційні форми рельєфу, такі як долини, балки та яри, а абсолютні висоти досягають 300-350 м. В районі міста Донецька (Ростовська область) річка перетинає Донецький кряж, протікаючи у вузькій долині з крутими та скелястими схилами. Акумулятивний рельєф, представлений річковими терасами, приурочений в основному до лівого схилу Сіверського Дінця. Наприклад, на широті м. Змієва ширина долини досягає 60 км, а заплавна тераса має ширину до 3 км, характеризуючись рівною, місцями заболоченою поверхнею з численними старицями. Леси та лесовидні суглинки покривають значні площі Задонецького степу, досягаючи потужності 20-25 м на вододілах корінного плато.

Висота витоку річки Сіверський Донець над рівнем моря становить близько 200 м (у Белгородській області, РФ), а гирла – 5,5 м (у Ростовській області, РФ).

Таким чином, загальне падіння річки становить 195 м, а середній ухил – 0,18 м/км. Швидкість течії Сіверського Дінця є відносно невеликою, коливаючись від 0,15 м/с поблизу Чугуєва до 1,41 м/с у Лисичанську, а на деяких ділянках може

бути майже нульовою. Ці характеристики рельєфу та геологічної будови безпосередньо впливають на гідрологічний режим, визначаючи швидкість течії, процеси ерозії та акумуляції, а також формування поверхневого стоку.

### 1.3 Ґрунтово-рослинний покрив та його вплив на формування стоку

Ґрунтово-рослинний покрив басейну річки Сіверський Донець є одним з ключових факторів, що визначають процеси інфільтрації, акумуляції та формування річкового стоку. Підстильна поверхня водозборів представлена ґрунтами зволоженої лісостепової зони різного ступеня опідзоленості, включаючи сірі лісові, темно-сірі опідзолені та чорноземи опідзолені.<sup>1</sup>

У північній частині басейну ґрунтовий покрив є різноманітним та досить складним. Найбільші площі тут займають типові чорноземи, що панують на вододілах корінного плато та на високих лесових терасах. Основним їх представником є потужний середньогумусний чорнозем. Ці ґрунти відомі своєю високою родючістю та значною водоутримуючою здатністю, що сприяє інфільтрації води та поповненню ґрунтових вод. Після чорноземів за зайнятими площами йдуть опідзолені ґрунти, які тягнуться суцільними смугами вздовж високих схилів річок та лісових масивів або вкраплені невеликими плямами в основний чорноземний фон. Опідзолені ґрунти характеризуються слабкою гумусованістю (0,5-2,0% гумусу), але мають вищу вологоємність, водопроникність та повітряну ємність, що також впливає на гідрологічний режим.

Історично, уздовж Сіверського Дінця росли вікові дуби, які були вирубані у XVIII-XIX століттях. Є відомості, що Петро I використовував ліс з берегів Сіверського Дінця для будівництва кораблів, що брали участь у російсько-турецьких війнах.<sup>1</sup> Розробка корисних копалин Донбасу у XIX столітті призвела до зниження рівня підземних вод. Ці два чинники разом спричинили обміління річки та припинення судноплавства, а загальна довжина річки скоротилася на 20 км з п'ятдесятих років XIX століття. Це яскраво демонструє прямий та значний вплив лісистості на водний стік та гідрологічний режим річки.

Наразі зберіглася лише мінімальна частина колишніх дубів, головним чином у Харківській області. Північніше Ізюма, де проходить межа степу та лісостепу, ще збереглися заплавні широколистяні ліси, а також соснові ліси в районі Чугуєва.<sup>1</sup> У лісостеповій зоні значні площі займають широколистяні ліси, які зберігаються на підвищених ділянках правобережної сторони річки Сіверський Донець та її приток річок Мож та Уди. Більшу частину території переважають клено-липово-дубові ліси з осокою.

Ліси відіграють важливі водоохоронно-захисні функції. Вони запобігають утворенню поверхневого стоку, ґрунтової ерозії, замулюванню русла річки, збільшують її водність у період посух та поліпшують якісний склад води. Оптимальна лісистість водозборів приток середньої течії Сіверського Дінця коливається в межах 18–23%. За таких умов ґрунтовий стік може підвищитися у 2,6–3,5 рази, що обумовить збільшення водності річок у літньо-осінній період та загальмує ерозійні процеси ґрунтів. Проте, фактична середня лісистість водозбору середньої течії річки Сіверський Донець становить 13%, а фактична лісистість водозборів його приток коливається в діапазоні 1–32%. Це свідчить про значний потенціал для покращення гідрологічного стану через збільшення лісистості.

Велика кількість видів диких рослин зберіглася поблизу меандрових боліт, де можна зустріти вербу, пухнасту березу, вільху, крушину ламку. Вздовж річки поширений очерет, хвощ болотний, осока, кізляк китицеквітний, вовче тіло болотне та інші види трав.<sup>1</sup> Заплавні луки, що раніше займали переважну більшість уздовж берегів річки, були розорані до ХХ століття. Ці луки є важливими біоценозами та колискою біорізноманіття, відіграючи роль у нересті риби та вигодовуванні водоплавними птахами пташенят. Розорювання заплавної території та сільськогосподарська діяльність призводять до деградації водно-болотних угідь, виснаження водоносних горизонтів та порушення водопостачання, а також до перезволоження, заболочення, засолення, підкислення, дефляції та водної ерозії ґрунтів. Це, своєю чергою, збільшує поверхневий стік та транспортування забруднюючих речовин у річку, що негативно впливає на її якість та екосистему.

#### 1.4 Кліматичні умови формування річкового стоку

Клімат басейну річки Сіверський Донець є помірно континентальним, характеризується теплим літом та холодною зимою. Це зумовлює значні коливання погодних умов протягом року, що безпосередньо впливає на формування річкового стоку.

Температурний режим у басейні Сіверського Дінця нестійкий та характеризується значними коливаннями протягом року. Середньорічна температура повітря становить 8,1 °С. Найхолоднішим місяцем року є січень, із середньою температурою -4,6 °С. У центральній частині басейну середньомісячні температури січня можуть підвищуватися до -6,0 °С -7,0 °С. Абсолютні мінімуми температури повітря досягають від -38,0 °С до -42,0 °С, при цьому найнижчий абсолютний мінімум був зафіксований у січні 1940 року (-35,6 °С). Абсолютний максимум температури був зареєстрований у серпні 2010 року (39,8 °С).

Весняний сезон у басейні починається з часу стійкого переходу середньодобової температури повітря через 0 °С, що зазвичай відбувається у другій половині березня. Середня багаторічна температура за три весняні місяці становить 9,2 °С. Початок літнього сезону, коли встановлюється жарка погода з суховійними вітрами, прийнято за дату переходу середньодобової температури через 15 °С, що припадає на першу половину травня. Середня максимальна температура атмосферного повітря влітку становить 27,5 °С. Початком осіннього періоду вважається дата переходу середньодобової температури через 0 °С, що спостерігається у другій половині вересня. За три осінні місяці середня багаторічна температура складає 8,9 °С. Загальна кількість днів з позитивною температурою повітря становить 251.

Періоди морозної погоди взимку часто змінюються тривалими відлигами через вихід південних або південно-західних циклонів в Україну. Під час відлиги температура повітря може підвищуватися до 0 °С, що часто призводить до майже повного танення снігового покриву. Це безпосередньо впливає на обсяг та характер

весняного водопілля, оскільки швидке танення снігу може спричинити інтенсивні, але короточасні паводки. Дослідження динаміки температурних показників за 60-річний період (1961-2020 рр.) у басейні Сіверського Дінця показують, що верхні шари води водоїм більш залежать від сезонних коливань температурних умов.

Опади є найважливішим кліматичним чинником формування річкового стоку. За багаторічними річними даними, сума атмосферних опадів по басейну змінюється від 500-620 мм на півночі до 480-500 мм на півдні. У деякі вологі роки їх кількість перевищує 750 мм, а в посушливі знижується до 300 мм. Майже щороку в різних частинах басейну випадають зливові дощі з сумою опадів від 50 мм до 150 мм.

Опади випадають досить рівномірно протягом року. Як і в усьому помірному поясі, найбільша кількість опадів випадає в літні місяці, що пов'язано головним чином з переміщенням Сонця по екліптиці; його високе положення над горизонтом стимулює випаровування вологи та формування дощів і гроз. Найбільш вологі місяці – червень та липень, з нормою опадів 69 мм та 62 мм відповідно. Найбільш сухі місяці – лютий-квітень, з 37-38 мм опадів. Це пояснюється малою активністю циклонів та недостатньою енергією Сонця для утворення конвекції. Місячний мінімум опадів спостерігався в осінній період, а місячний максимум був у липні, де досяг 239 мм.

Між днями з опадами в теплу пору року часто спостерігаються сухі періоди, тривалість яких може досягати трьох місяців. У цей час різко скорочується річковий стік, що вимагає підвищеної уваги до санітарного стану не тільки на притоках, а й на самій річці Сіверський Донець. Загальна тенденція на території басейну вказує на зменшення кількості опадів та встановлення посушливого режиму, що є наслідком кліматичних змін. Це свідчить про зростаючу вразливість регіону до гідрологічних посух та дефіциту водних ресурсів, що посилює проблеми водозабезпечення та екологічного стану річки.

1.5 Антропогенне навантаження на водозборах річок басейну Сіверського Дінця (в межах України)

Басейн річки Сіверський Донець зазнає дуже великого антропогенного навантаження, що істотно впливає на її водний режим та якість води. Це є однією з найгостріших проблем регіону, оскільки Сіверський Донець є основним джерелом водопостачання для значної частини сходу України, забезпечуючи водою 94% населення.

Води річок басейну Сіверського Дінця інтенсивно використовуються для комунальних та промислових підприємств. Щорічно лише на території України використовується понад 2 км<sup>3</sup> води Сіверського Дінця. З цього обсягу половина повертається у вигляді забруднених скидів, що еквівалентно скороченню стоку на 32 м<sup>3</sup>/с. Таким чином, 20% стоку Сіверського Дінця безповоротно витрачається, а ще 20% сильно забруднюється. Для порівняння, для інших великих річок України цей показник не перевищує 5%. Це свідчить про надзвичайно високий рівень використання та забруднення водних ресурсів у басейні.

Основними водокористувачами є промислові підприємства та комунальні служби. Наприклад, з річки Уди забір води здійснюють ТЕЦ-2 та Харківська ТЕЦ-5, а з річки Лопань – КП «Харківські теплові мережі» та КП «Шляхрембуд». Ці підприємства, разом з іншими промисловими об'єктами та цукровими заводами, створюють значний тиск на водні ресурси.

Безпосередньо із русла р. Сіверський Донець мають забір води 15 підприємств водокористувачів із загальним забором 194,8 млн.м<sup>3</sup>. За даними наведеними у дослідженнях Жука В.М. [12] рис. 1.3 демонструє порівняльну характеристику розподілу забору води з поверхневих водних об'єктів в басейні р.Сіверський Донець (В межах Харківської обл.)

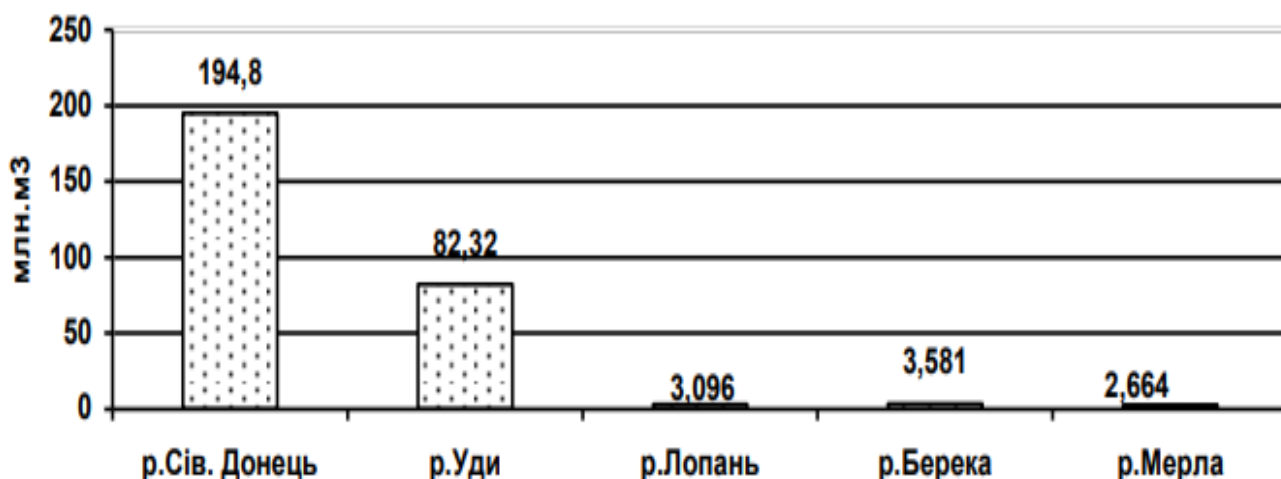


Рисунок 1.3 – Розподіл забору води з поверхневих водних об'єктів [8]

Так в галузевому розрізі основна частка забору води припадає на підприємства житлово-комунального господарства, де у 2014 році (на початку військових дій в південно-східному регіоні басейну) забір води по даній галузі склав 55 % від загального забору об'ємом 186,2 млн.м<sup>3</sup>.

Історично, антропогенний вплив на басейн Сіверського Дінця розпочався ще у XVIII столітті, коли були вирубані вікові дуби, що росли уздовж його русла. У XIX столітті розробка корисних копалин Донбасу призвела до зниження рівня підземних вод. Ці два чинники разом спричинили обміління річки та припинення судноплавства. З п'ятдесятих років XIX століття загальна довжина річки скоротилася на 20 км. Це показує, як масштабне втручання в природні екосистеми призводить до довгострокових негативних наслідків для гідрологічного режиму.

На річці та її притоках побудовано численні гідротехнічні споруди:

У верхній течії (до м. Белгорода) річка перекрита греблями і складається з декількох невеликих водосховищ.

Краснооскільське водосховище, побудоване на річці Оскіл, забезпечує рівномірну подачу води протягом року в канал Сіверський Донець – Донбас.

Печенізьке водосховище, розташоване нижче впадіння річки Вовча, забезпечує водою місто Харків. Воно також частково очищає воду від забруднень, що надходять від промислових підприємств Белгорода і Шебекино, а також стічних споруд Харкова (через річку Уди).

У середній течії Сіверський Донець підживлюється водами річки Дніпро через канал Дніпро — Донбас, а нижче відгалужується канал Сіверський Донець — Донбас, що забезпечує водою Донецький вугільний басейн.

Загалом, у басейні Сіверського Дінця налічується 149 водосховищ загальним об'ємом 1992,6 млн м<sup>3</sup>, з яких 4 мають об'єм понад 100 млн м<sup>3</sup>. Загальна кількість водосховищ і ставків становить 2679, сумарним об'ємом 295,9 млн м<sup>3</sup>. Лише в Донецькій області в басейні Сіверського Дінця функціонує 46 водосховищ. Така висока зарегульованість річки призводить до значних змін у її гідрологічному режимі. Річкові ділянки перетворюються на стоячі водойми, що сприяє розмноженню водоростей. Це, своєю чергою, викликає обміління, пригнічення корисної флори та фауни, погіршення якості вод. Зарегульованість також призводить до спрямлення русла, замулення (тісно пов'язаного з ерозією), зниження самоочисної здатності річки та збіднення генофонду корисних тварин і рослин. Крім того, зменшується вплив весняної повені, яка є ключовим природним чинником для оновлення екосистеми річки та видалення накопиченої біомаси з заплавлених водойм.

Систематичне забруднення річки Сіверський Донець та її приток відходами та відпрацьованими водами призвело до різкого скорочення фауни річки. Раніше в Сіверському Дінці було багато риби, такої як сом європейський, судак звичайний, щука звичайна, лящ, короп звичайний. Наразі у прибережній зоні фіксується забруднення нафтою та мазутом, що робить деякі ділянки непридатними для життя водних організмів.

Індекс забруднення води (ІЗВ) коливається за течією Дінця від IV (забруднена) до V (брудна). Основними забруднюючими речовинами є добрива, нафтопродукти, феноли, цинк, мідь.

У Харківській області вода забруднена відходами промислових підприємств Белгорода і Шебекіно, стічними спорудами Харкова (через річку Уди), Харківської ГРЕС-2 (селище Есхар), підприємствами Балаклії та Ізюма.

У Донецькій та Луганській областях щільність промислових підприємств різко зростає, що призводить до різкого збільшення забруднення Сіверського

Дінця.<sup>1</sup> Особливо забрудненим Донець стає після Лисичанська та Сєверодонецька (430 км від гирла).

Деякі притоки Сіверського Дінця, такі як Казенний Торець, Бахмут та Лугань, настільки забруднені, що в них небезпечна навіть рибна ловля.

Дослідження 2020 року виявили у воді басейну Сіверського Дінця пестициди (прометрин, тербутилазин), важкі метали (барій, літій, нерадіоактивний стронцій, цинк, мідь, марганець, хром). Перевищення норм пестицидів пов'язане з неконтрольованим використанням у сільському господарстві та порушенням агротехнологій. Марганець, своєю чергою, утворюється в процесі розкладання синьо-зелених водоростей та інших організмів.

Високий вміст мінеральних сполук азоту (від 1,2 до 2,9 мг N/дм<sup>3</sup>) є характерним для вод басейну Сіверського Дінця. Джерелами надходження амонійного азоту є скиди стічних вод тваринницьких ферм, побутові стічні води, стічні води харчової, лісохімічної та хімічної промисловості, а також поверхневий стік із сільськогосподарських угідь, що містять амонійні добрива.<sup>32</sup> Концентрації сполук азоту та фосфору часто перевищують гранично допустимі концентрації, що є основною причиною евтрофікації та "цвітіння" води.

Мінералізація води в Сіверському Дінці становить 650—750 мг/л, а в зимовий час досягає 1000 мг/л, що головним чином викликано скидами відпрацьованих вод промислових підприємств. Висока мінералізація може мати негативні наслідки для здоров'я людини, включаючи руйнування емалі зубів, перевантаження організму залізом, накопичення свинцю, хрому, кадмію, що може спричинити онкологічні та нервові розлади.

Найчистіші ділянки Дінця розташовані від витoku до Белгорода та від Печеніг до Чугуєва.

Сільськогосподарська діяльність має значний вплив на водний стік та якість ґрунтів у басейні Сіверського Дінця. Переважна більшість луків уздовж берегів річки, на яких росли сотні видів різноманітних диких трав, були розорані до ХХ століття. Це призвело до втрати природних фільтраційних та водоутримуючих

функцій цих територій. Використання добрив у сільському господарстві є однією з основних забруднюючих речовин, що потрапляють у річку.

Розширення зрошуваних площ сільського господарства призводить до деградації водно-болотних угідь та прибережних територій природних водойм, виснаження водоносних горизонтів та порушення водопостачання нижче за течією. Сільськогосподарські угіддя також зазнають перезволоження, заболочення, засолення, підкислення, дефляції та водної ерозії. Водна ерозія є катастрофічною в деяких регіонах басейну, де щорічне зменшення потужності ґрунтового профілю перевищує 2,3 мм, що в 7-10 разів перевищує нормативні показники. Це посилює замулення русел річок та погіршує якість води.

*Вплив військових дій.* Повномасштабна війна має руйнівний вплив на водні ресурси басейну Сіверського Дінця, загострюючи існуючі екологічні проблеми та створюючи нові загрози.

Порушення системи управління водними ресурсами: Внаслідок військових дій система управління водними ресурсами в басейні річки Сіверський Донець порушена, що ускладнює моніторинг та реагування на екологічні загрози.

Критично низькі запаси води: Печенізьке та Оскільське водосховища, що є ключовими для водопостачання, мають критично низькі запаси води через військові дії.

Забруднення поверхневих вод: Наслідки військових дій загострили ситуацію із забрудненням поверхневих вод. Це включає розриви снарядів, затоплену техніку, розливи паливно-мастильних матеріалів, які накопичуються в прибережно-захисних смугах. Використання фосфорних бомб та снарядів різного типу зброї призводить до перевищення рівня свинцю та інших важких металів на водозборі в десятки або сотні разів, що матиме довгостроковий вплив.

Пошкодження очисних споруд: Відомі пошкодження об'єктів водовідведення та очисних споруд у містах Харків, Ізюм, Балаклея, Куп'янськ, Лиман, Бахмут, Сіверськ, Соледар, Попасна. Це призводить до порушення їх технологічного процесу та потрапляння неочищених стічних вод у водні об'єкти.

Затоплення шахт: Припинення водовідливу з вугільних шахт на всій території Донбасу призводить до підйому рівнів шахтних вод. Затоплені шахти, такі як Сургая та Південнодонбаська шахта №1 у Вугледарі, становлять значну загрозу забруднення річки.

Проблеми з водопостачанням: У Донецькому регіоні системи водопідготовки практично не працюють. У таких містах, як Донецьк, Макіївка, Маріуполь, люди потерпають від нестачі водних ресурсів, оскільки система подачі води по каналу Сіверський Донець — Донбас не працює, і населення виживає за рахунок місцевих джерел.

Погіршення екологічної ситуації на окупованих територіях: Частина річки нині знаходиться в окупації, і там екологічна ситуація дедалі погіршується.

Незважаючи на обстріли та аварії, які призводять до забруднення Сіверського Дінця, якість води в районі питних водозаборів на підконтрольній Україні території вдається зберігати в нормі. Проте, специфічні погіршення, такі як перевищення по нафтопродуктах через аварії на сховищах, все ж фіксуються.

## 2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНОГО РЕЖИМУ РІЧОК БАСЕЙНУ СІВЕРСЬКОГО ДІНЦЯ

Водний режим річок басейну Сіверського Дінця визначається закономірністю внутрішньорічних змін основних складових водного балансу – опадів та випаровування. Це зумовлює чітко виражені фази гідрологічного циклу, що є характерними для річок цього регіону.

Живлення басейну річки Сіверський Донець переважно дощове та снігове, його частка може сягати 65%. Співвідношення рідких і твердих опадів у різні за водністю роки підтверджує, що снігове і дощове живлення річок розглянутого району становить приблизно рівні частини. У багатоводні роки тверді опади складають від 25% до 45% річної суми в басейні Сіверського Дінця та 15-30% у басейнах правих приток Сіверського Дінця нижче впадання річки Береки. В середні і маловодні роки тверді опади складають від 15% до 30% річної суми в басейнах усіх річок даної території.

Значну роль відіграє живлення підземними водами, що може становити до 33%, особливо у посушливі сезони. Це підземне живлення є стабілізуючим фактором для річкового стоку в періоди відсутності значних опадів.

Водний режим річок басейну Сіверського Дінця визначається закономірністю внутрішньорічних змін основних складових водного балансу – опадів та випаровування..

Стік весняного водопілля на річках басейну Сіверського Дінця в багатоводні роки становить від 70% до 80% річного стоку, в середні по водності роки – від 60% до 70%, а в маловодні – від 50% до 60%. Паводковий стік у багатоводні роки на цих річках зазвичай відсутній, а меженний стік становить від 20% до 30% річного. В середні і маловодні роки паводковий стік становить від 10% до 20% річного стоку.

Початок підйому рівня весняного водопілля зазвичай відбувається на малих і середніх річках басейну Сіверського Дінця (виключаючи його праві притоки нижче впадання річки Береки) у першій – початку другої декади березня. На правих притоках Сіверського Дінця нижче впадання річки Береки це відбувається в кінці

другої – третій декаді лютого. На всіх річках басейну Сіверського Дінця, за винятком його правих приток нижче впадіння річки Береки, зазвичай найвищі рівні повені перевищують найвищі рівні дощових паводків, і лише на самих малих річках спостерігається протилежна ситуація.

У своїх дослідження Акіншина К.О. (2022) [2, 14] проаналізувала гідрограф стоку по посту р. Сіверський Донець – с. Огірцеве за 2000-2020 рр., який показує характерний весняний підйом рівнів за рахунок танення накопиченого за зиму снігу та опадів, після чого йде поступове зниження рівнів у літньо-осінній та зимовий періоди. Проте, в окремі роки відмічається підйом рівнів у осінньо-зимовий період за рахунок опадів у вигляді дощів. Також відмічено, що в останні 20 років льодяний покрив утворюється, однак не на тривалий період і часто порушується відлигами. Це свідчить про зростаючу нестабільність зимового режиму та його вплив на весняний стік.

Характерний рівневий режим річок басейну Сіверського Дінця характеризується весняною повінню, стійкою меженню, яка порушується паводками, і невеликим підйомом рівнів води в осінньо-зимовий період. Згідно з класифікацією річок за типом їх живлення, Сіверський Донець відноситься до 2-го типу, а саме «Річки з весняним водопіллям та дощовими паводками», живлення змішане снігово-дощове.

Максимальна середня річна витрата води в басейні Сіверського Дінця (на водозборі Лисичанськ) становила 261 м<sup>3</sup>/с, тоді як мінімальна – 22,5 м<sup>3</sup>/с. Це свідчить про значні коливання водності річки протягом багаторічного періоду.

Розподіл стоку за фазами водного режиму виглядає наступним чином:

Весняне водопілля - стік весняного водопілля в багатоводні роки становить від 70% до 80% річного стоку, в середні по водності роки – від 60% до 70%, а в маловодні – від 50% до 60%. Це підкреслює домінуючу роль сніготанення у формуванні річного стоку навесні.

Паводковий стік – у багатоводні роки паводковий стік на цих річках зазвичай відсутній. В середні і маловодні роки паводковий стік становить від 10% до 20% річного стоку.

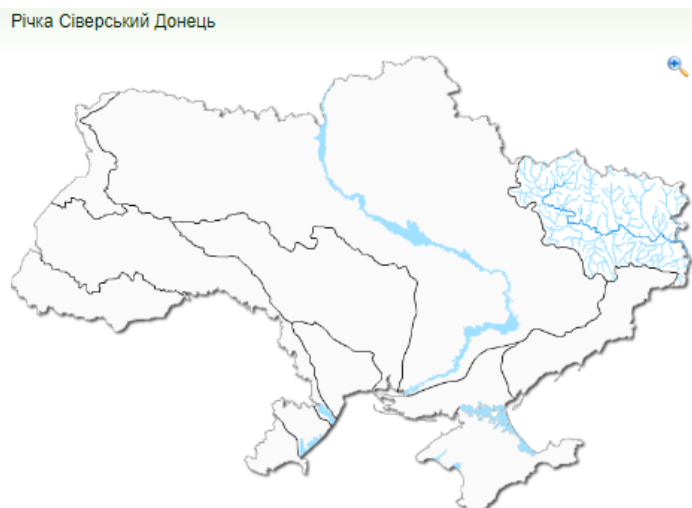
Меженний стік становить від 20% до 30% річного стоку.

Співвідношення рідких і твердих опадів у різні за водністю роки підтверджує, що снігове і дощове живлення річок розглянутого району становить приблизно рівні частини. Наприклад, у багатоводні роки тверді опади складають від 25% до 45% річної суми в басейні Сіверського Дінця та 15-30% у басейнах правих приток Сіверського Дінця нижче впадання річки Береки. В середні і маловодні роки тверді опади складають від 15% до 30% річної суми в басейнах усіх річок даної території.

Початок підйому рівня весняного водопілля зазвичай відбувається на малих і середніх річках басейну Сіверського Дінця (за винятком його правих приток нижче впадання річки Береки) у першій – початку другої декади березня. На правих притоках Сіверського Дінця нижче впадання річки Береки це спостерігається в кінці другої – третій декаді лютого. На всіх річках басейну Сіверського Дінця, крім його правих приток нижче впадіння річки Береки, зазвичай найвищі рівні повені перевищують найвищі рівні дощових паводків, і лише на самих малих річках спостерігається зворотна ситуація.

За дослідженнями у дисертаційній роботі Большат Г.В. (2023) [19, 20] відмічено, що на сучасному етапі (1991-2020 рр.) відбулося вирівнювання внутрішньорічного розподілу стоку річок басейну Сіверського Дінця. В цілому по басейну на 17-56% зменшився стік весняного водопілля та збільшився стік літньо-осінньої та зимової межени порівняно з попереднім періодом кліматичної норми (1961-1990 рр.). Також у роботі було зазначено, що у маловодні роки весняне водопілля практично не виділяється на річному гідрографі стоку.

Як вже було відмічено у розділі 1 гідрографічна мережа Сіверського Дінця розвинута досить нерівномірно (рис. 2.1). На досліджуваній території протікає понад тисячу річок різного розміру. Найбільшими притоками річки Сіверський Донець є Оскіл, Уди, Мож, Деркул та Казенний Торець.



Притоки річки Сіверський Донець		Інші річки басейну р. Сіверський Донець	
Ліва притока	Права притока	Назва	Притока
річка Бродок	річка Велика Кам'янка	річка Бахтин	ліва притока р. Оскол
річка Тепла	річка Луганчик	річка Березовий	ліва притока р. Комишна
річка Ковсюг	річка Луганка	річка Бичюк	ліва притока р. Бичюк
річка Айдар	річка Біленька	річка Бичюк	права притока р. Казенний Торець
річка Ольхова	річка Бахмутка	річка Бишкін	права притока р. Деркул
річка Борова	річка Казенний Торець	річка Борова	ліва притока р. Мжа
річка Красна	річка Берека	річка Боровик	права притока р. Борова
річка Жеребець	річка Чепіль	річка Бритаї	права притока р. Берека
річка Нітриус	річка Бишкін	річка Біла	ліва притока р. Айдар
річка Оскол	річка Гомільша	річка Біла	права притока р. Айдар
річка Мокрий Ізюмець	річка Мжа	річка Біла	права притока р. Біла
річка Теплянка	річка Уди	річка Біла	права притока р. Луганка
річка Волооська Балаклійка	річка Тетліга	річка Великий Бурлук	ліва притока р. Сухий Бурлук
річка Гнилиця	річка Велика Бабка	річка Верхня Двурічна	права притока р. Оскол
річка Сухий Бурлук	річка Північний Донець	річка Верхня Провалля	права притока р. Велика Кам'янка
		річка Верхня Провалля	права притока р. Верхня Провалля
		річка Вовча	ліва притока р. Північний
		річка Вікніна	ліва притока р. Чепіль
		річка Гнила	права притока р. Красна
		річка Гнила	права притока р. Мечетна
		річка Гнила Плотва	ліва притока р. Борова
		річка Гнилиця	ліва притока р. Оскол
		річка Гнилиця	ліва притока р. Північний
		річка Горілий Пень	права притока р. Бахмутка
		річка Грузька	ліва притока р. Казенний Торець
		річка Гусинка	ліва притока р. Великий Бурлук
		річка Деміне	ліва притока р. Оскол
		річка Деревечка	права притока р. Велика Кам'янка

Рисунок 2.1 – Гідрографічна мережа та перелік приток в басейні р.Сіверський Донець (в межах України) за даними [5]

Для дослідження річного стоку були використані дані по 6 гідрологічно вивчених водозборах з площами від 936 км<sup>2</sup> (р Казенний Торець – смт Райське) до 12700 км<sup>2</sup> (р. Оскіл – м. Куп'янськ).

У табл. 2.1 наведені основні гідрографічні характеристики водозборів (рис. 2.1) приток р. Сіверський Донець в межах України, які були обрані для дослідження

максимального стоку весняного водопілля за багаторічний період інструментальних спостережень.

Середня висота водозборів 140-180 м, залісеність водозборів 1-10 %, заболоченість незначна (0-1%) і розораність 60%.

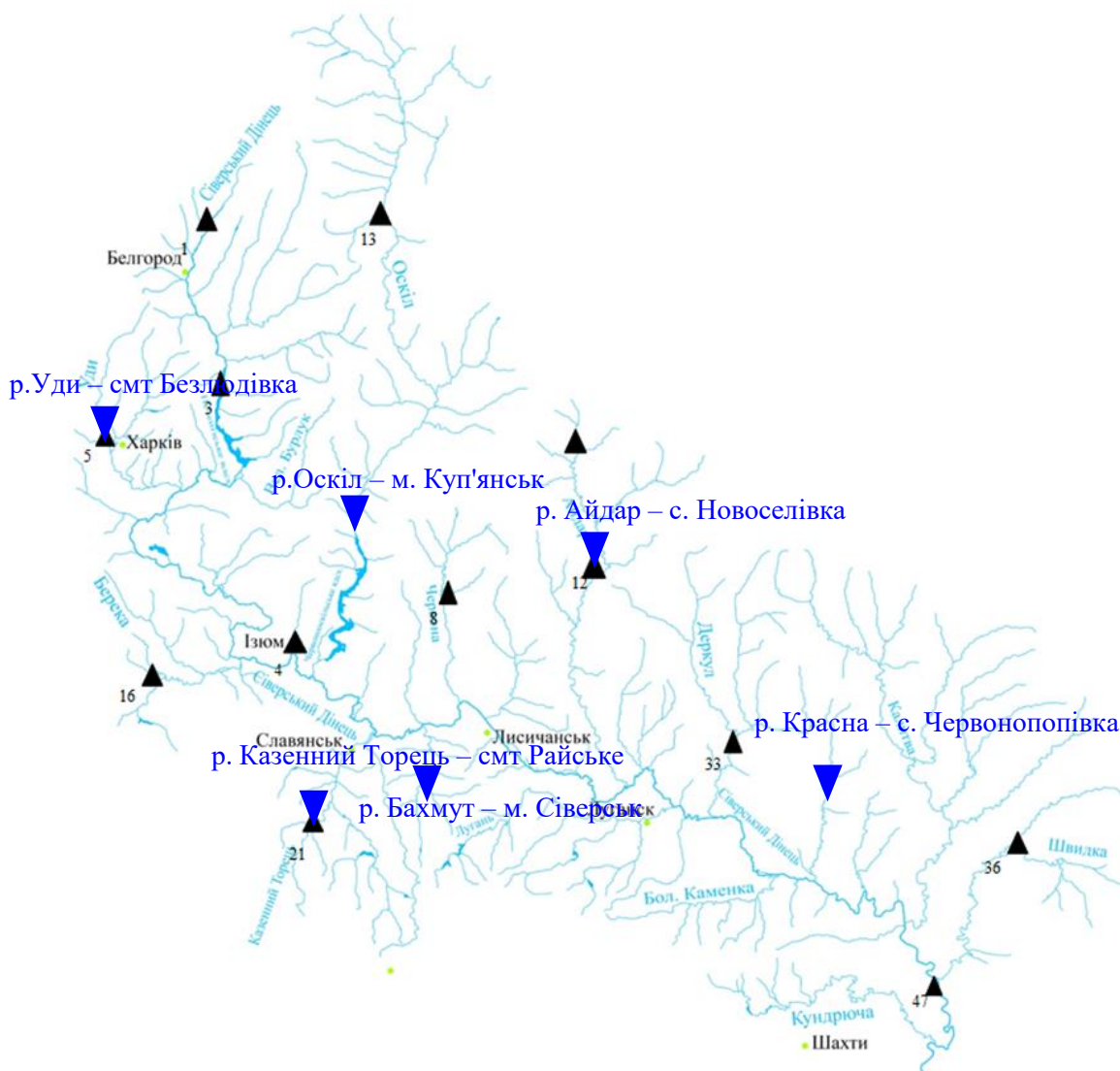


Рисунок 2.1 – Гідрологічна мережа басейну р. Сіверський Донець

Таблиця 2.1 – Основні гідрографічні характеристики досліджуваних водозборів приток р. Сіверський Донець

№ з/п	Річка - пост	Відстань, км		Уклин річки, ‰		Площа водозбору F, км <sup>2</sup>	Середня висота H <sub>ср</sub> , м	Заболоченість f <sub>б</sub> , %	Лісистість f <sub>л</sub> , %	Розораність, %
		від витока	від найбільш віддаленої точки річкової мережі	середній	середньо-зважений					
1	Уди – смт Безлюдівка	122	125	0,99	0,57	3300	170	1	10	-
2	Оскіл – м. Куп'янськ	351	356	0,54	0,19	12700	180	1	7	-
3	Казенний Торець – смт Райське	61	66	2,2	1,5	936	160	0	1	60
4	Бахмут – м. Сіверськ	75	75	2,7	1,2	1560	160	1	2	60
5	Красна – с. Червонопопівка	111	122	1,2	0,34	2540	140	1	2	-
6	Айдар – с. Новоселівка	157	165	0,92	0,27	6370	140	1	2	60

### 3 ОЦІНКА ХАРАКТЕРИСТИК МАКСИМАЛЬНОГО СТОКУ ВЕСНЯНОГО ВОДОПІЛЛЯ НА ПРИТОКАХ Р. СІВЕРСЬКИЙ ДОНЕЦЬ (В МЕЖАХ УКРАЇНИ)

Річковий стік можна розглядати як випадкову величину, яка є результатом взаємодії великої кількості різних стокоформуючих факторів. Ця випадкова величина має певний розподіл ймовірностей, який може бути описаний тим чи іншим теоретичним законом розподілу. Параметрами розподілу ймовірностей (статистичними параметрами) є числові характеристики, що дозволяють робити висновки про властивості закону розподілу ймовірностей випадкової величини [18].

Гідрологічні явища, такі як річковий стік, рівень води та випаровування, є випадковими величинами через складну взаємодію безлічі факторів, які практично неможливо точно врахувати. Саме тому для виявлення закономірностей у цих складних системах незамінними є статистичні методи. Однак, застосування статистики в гідрології має свої особливості:

- гідрологічні спостереження, особливо довготривалі, є дорогими та трудомісткими. Часто розширення часових рядів даних є фізично неможливим. Це вимагає розробки та застосування спеціальних методів для приведення коротких гідрологічних рядів до тривалого періоду та екстраполяції кривих розподілу за межі наявних вимірювань.

- гідрологічні дані можуть суттєво відрізнятися в різні сезони, роки або на різних ділянках річкової системи. Ця мінливість ускладнює статистичне описання, оскільки традиційні методи часто передбачають однорідність вибірки. Крім того, на однорідність рядів може впливати антропогенний вплив на водозбірні басейни.

- значення гідрологічної величини в певний момент часу може залежати від її попередніх значень. Це порушує принцип незалежності спостережень, зменшуючи обсяг незалежної інформації в рядах і вимагаючи спеціальних статистичних методів для її врахування.

Незважаючи на ці особливості, основною задачею гідрологічних розрахунків залишається визначення величини стоку із заданими ймовірнісними характеристиками. Для цього необхідно підібрати теоретичний закон розподілу ймовірностей, який найкраще апроксимує емпіричний розподіл даних та спирається на надійно визначені статистичні параметри. Зазвичай використовуються закони розподілу, що описуються невеликою кількістю параметрів: математичним сподіванням (середнім значенням), дисперсією (мірою розсіювання), коефіцієнтом варіації (відносною мірою розсіювання) та коефіцієнтом асиметрії (мірою скошеності розподілу).

До статистичних оцінок цих параметрів висуваються певні вимоги:

- незміщеність - оцінка має в середньому давати істинне значення параметра, незалежно від тривалості вихідного ряду.

- спроможність - оцінка повинна наближатися до істинного значення параметра при збільшенні обсягу вибірки (дисперсія оцінки має прямувати до нуля).

- ефективність - серед усіх можливих незміщених оцінок слід обирати ту, яка має найменшу дисперсію, що зменшує ймовірність грубої помилки.

### 3.1 Короткі відомості про методи статистичної обробки в гідрології

Статистична обробка часових рядів спостережень за характеристиками за річковим стоком за рік, за сезон та період є ключовим етапом у гідрологічних дослідженнях. Вона дозволяє виявити закономірності, оцінити ризики та прогнозувати майбутні зміни водного режиму, що є надзвичайно важливим для водогосподарської діяльності [22].

У гідрологічних дослідженнях найбільш поширеними є три методи визначення статистичних параметрів, але найчастіше зупиняються на перших двох для визначення статистичних параметрів річкового стоку при наявності тривалих рядів спостереження: метод моментів та метод найбільшої правдоподібності, а при коротких рядах – графо-аналітичний матиме ряд переваг.

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

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

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

1) оцінки параметрів:

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

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

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

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

$\sigma_x$  - квадратний корінь дисперсії називається середнім квадратним відхиленням

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

$C_v$  - коефіцієнта варіації

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

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

$C_s$  - коефіцієнтом асиметрії

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

не залежать від закону розподілу;

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

3) оцінки дисперсії і коефіцієнта асиметрії зміщені;

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

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

*Метод максимальної правдоподібності* передбачає знаходження таких значень параметрів розподілу, за яких функція правдоподібності, що відображає ймовірність отримання наявної вибірки, досягає свого максимуму.

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

Метод максимальної правдоподібності є ефективним інструментом для оцінки статистичних параметрів, проте його застосування вимагає уважного врахування особливостей досліджуваних даних та потенційних обчислювальних труднощів.

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

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

Суть цього методу полягає у спільному використанні емпіричної кривої забезпеченостей, побудованої на основі наявних спостережень, та обраного аналітичного (теоретичного) закону розподілу. Ключовим при його застосуванні є припущення про збіжність теоретичної кривої розподілу з емпіричною хоча б у трьох характерних точках.

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

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

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

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

На відповідній клітчатці ймовірностей з графіку емпіричної кривої забезпеченості знімаються величини стоку в характерних (контрольних) точках з забезпеченістю 5, 50 та 95 відсотків (%). Відповідно до теоретичного закону

розподілу Пірсона III для випадкової величини надаються нормовані відхилення  $\Phi$ , що залежать від забезпеченості  $P$  і коефіцієнтів асиметрії  $C_s$ .

Для визначення коефіцієнта асиметрії використовується коефіцієнт скісності  $S$

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

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

Кожен з цих методів має свої переваги та недоліки, а їх вибір залежить від конкретних характеристик гідрологічних даних та поставленої задачі дослідження [24, 28].

### 3.1.1 Оцінка точності вихідних даних

Вибіркові оцінки статистичних параметрів, обчислені на основі обмеженої вибірки даних, завжди відрізняються від істинних значень, що характеризують усю генеральну сукупність. Ця розбіжність є наслідком випадковості вибірки та обмеженості обсягу даних.

Для того, щоб вибіркові оцінки були надійними, вони повинні відповідати ключовим вимогам: математичне сподівання вибіркової оцінки має дорівнювати істинному значенню параметра генеральної сукупності. Це означає, що в середньому оцінка не має систематично відхилятися від справжнього значення (вимога незміщеності); серед усіх можливих незміщених оцінок, ефективною є та, яка має найменшу дисперсію (розсіювання) навколо свого середнього значення. Ефективна оцінка забезпечує меншу ймовірність значної помилки – вимога ефективності.

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

$$\sigma_{\bar{x}} = 100 C_v / \sqrt{n}. \quad (3.8)$$

Стандартна похибка  $\sigma_{C_v}$  коефіцієнтів варіації  $C_v$  обчислюється за формулами

- метод моментів

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

- метод найбільшої правдоподібності

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

Відносна середня квадратична похибка коефіцієнта асиметрії  $\sigma_{C_s}$  визначається за теоретичною формулою С.М. Крицького та М.Ф. Менкеля [28]

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

С.М. Крицький та М.Ф. Менкель [28] розробили номограми для визначення відносної стандартної похибки квантилів трипараметричного гама-розподілу

$$\left( E_{\sigma} = \frac{\sigma_{Q_p} \sqrt{n}}{Q_p} \right) \text{ з закріпленими відношеннями } C_s = 2C_v, 3C_v, 4C_v$$

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

де  $E_{\delta}$  – визначається за відповідними номограмами.

Допустима похибка для максимального стоку не має перевищувати  $\pm 20\%$  для визначення середнього значення та  $\pm 15\%$  при визначенні коефіцієнта варіації.

Метод найбільшої правдоподібності застосовується для оптимізації оцінок статистичних параметрів розподілу, особливо для гідрологічних рядів при  $C_v > 0.5$ . При  $C_v \leq 0.5$  обидва методи дають практично однакові результати.

### 3.1.2 Гідролого-генетичний метод обробки стокових рядів

Гідролого-генетичний метод є фундаментальним підходом у гідрології, що поєднує принципи гідрології та генетичного аналізу для вивчення формування річкового стоку. Він ґрунтується на розумінні того, що річковий стік (гідрограф) є результатом інтегрального впливу всіх факторів, що діють на водозборі, а його форма відображає основні процеси формування, такі як дощі, танення снігу, випаровування, ґрунтовий стік тощо. Цей метод дозволяє не лише кількісно оцінити водні ресурси, а й розкрити фізичні механізми їх формування, що відрізняє його від суто статистичних підходів.

На відміну від емпіричних або суто статистичних методів, які шукають статистичні зв'язки між входами (наприклад, опадами) та виходами (стоком) без глибокого розуміння внутрішніх процесів, гідролого-генетичний метод прагне моделювати та пояснювати ці процеси. Він розглядає водозбір як складну гідрологічну систему, де вхідні сигнали (опаді, тепло) трансформуються у вихідні (стік) через низку фізичних процесів.

Ключові принципи та компоненти:

1. Однією з основних ідей методу є розчленування загального гідрографа на окремі компоненти, що відповідають різним джерелам живлення річки, де зазвичай виділяють:

- поверхневий стік - швидкий стік, що формується безпосередньо по поверхні водозбору або у верхньому шарі ґрунту під час інтенсивних опадів або танення снігу. Він характеризується швидким реагуванням на опади та високими піками.
- підземний (ґрунтовий) стік - повільніший стік, що формується за рахунок води, яка інфільтрується в ґрунт і рухається через його верхні шари до річкової мережі. Він забезпечує базовий стік річки між періодами опадів.
- міжґрунтовий (боковий) стік - проміжний за швидкістю стік, що проходить через менш глибокі шари ґрунту.
- Визначення генетичних параметрів - метод включає визначення параметрів, що характеризують водозбір і його здатність трансформувати опади у стік: коефіцієнт стоку - частка опадів, що перетворюється на стік.; час добігання - час, необхідний воді для досягнення вимірюваного створу від найвіддаленішої точки водозбору.

2. Гідролого-генетичний метод часто використовує математичні моделі, які описують фізичні процеси формування стоку:

- Моделі перетворення опадів у стік: Описують, як інтенсивність опадів та характеристики водозбору впливають на формування поверхневого та підземного стоку.
- Моделі трансформації стоку: Моделюють рух води по русловій мережі та зміни форми гідрографа.

Для характеристик весняного водопілля гідролого-генетичний метод дозволяє глибоко проаналізувати процеси, що його формують:

- дозволяє оцінити внесок сніготанення у загальний стік, враховуючи товщину снігу, його щільність, температуру повітря, сонячну радіацію та характеристики водозбору. Це особливо важливо для прогнозування максимальних витрат води та об'ємів водопілля;
- дозволяє моделювати синергетичний ефект цих двох факторів, оцінюючи їхній спільний вплив на формування високих паводків;

- враховує зміни у властивостях ґрунту, що є критично важливим для точного моделювання, оскільки у період танення снігу ґрунт може бути мерзлим, що значно знижує його водопроникність та сприяє збільшенню поверхневого стоку;
- дозволяє оцінити, як зміни клімату (збільшення температури, зміни характеру опадів) або антропогенний вплив (урбанізація, лісорозведення/вирубка лісів, меліорація) можуть впливати на процеси формування весняного стоку та його характеристики.

Хоча статистичні методи є інструментом для обробки гідрологічних даних, гідролого-генетичний метод є більш комплексним підходом. Він не просто шукає кореляції, а намагається відтворити фізичні процеси, що лежать в основі формування стоку. Це надає йому більшу прогностичну цінність та дозволяє краще зрозуміти поведінку водозбору в умовах, які не були безпосередньо спостережені. Наприклад, якщо статистична модель може показати зв'язок між кількістю снігу та піком водопілля, то гідролого-генетична модель зможе пояснити, як саме танення снігу, його інфільтрація та подальший рух по водозбору формують цей пік.

3.1.3 Статистичні параметри стокових рядів максимальних витрат води та шарів стоку весняного водопілля на притоках р. Сіверський Донець (в межах України)

Для оцінки характеристик максимального стоку весняного водопілля сформована база даних по стоку у весняний період по 6 притоках в межах України вздовж головної річки - Сіверського Дінця.

Досліджувані водозбори мають діапазон площ від 936 км<sup>2</sup> (р. Казенний Торець – смт Райське) до 12700 км<sup>2</sup> (р. Оскіл – м. Куп'янськ) та періоди спостережень від 61 до 84 років [21].

Середній багаторічний модуль максимального стоку весняного водопілля (табл. 3.1) на притоках Сіверського Дінця (в межах України) змінюється від 24,1 м<sup>3</sup>/(с·км<sup>2</sup>) (р. Казенний Торець – смт Райське) до 36,0 м<sup>3</sup>/(с·км<sup>2</sup>) (р. Айдар –

с. Новоселівка). Діапазон коливання значення коефіцієнтів варіації становить 1,02-1,48 за методом моментів та 1,04-1,49 за методом найбільшої правдоподібності. При такому високому значенні коефіцієнтів варіації слід у подальших розрахунках використовувати оцінки за методом найбільшої правдоподібності. Середнє співвідношення  $C_s/C_v$  дорівнює  $\sim 3,0$ . Похибка вихідної інформації становить  $\pm 11,3-19,1\%$ , що є допустимим значенням оскільки не перевищує  $\pm 20\%$ .

Розрахункові максимальних витрат води весняного водопілля 1 % забезпеченості, визначені за даними статистичних оцінок (табл. 3.2), оцінюються від 149 м<sup>3</sup>/с для річки Казенний Торець – смт Райське до 2087 м<sup>3</sup>/с для річки Оскіл – м. Куп'янськ.

Середній багаторічний шар стоку весняного водопілля на притоках Сіверського Дінця в межах України становить (табл. 3.3) від 16 мм (р. Казенний Торець – смт Райське) до 41 мм (р. Уди – смт Безлюдівка). При цьому діапазон коливання коефіцієнтів варіації  $C_v$  за методом найбільшої правдоподібності становить від 0,62 до 0,99. Коефіцієнт асиметрії  $C_s$  нормований по його співвідношенню з  $C_v$  та для досліджувано території прийнято співвідношення  $C_s/C_v$  також рівним  $\sim 3,0$ . Розрахований шар стоку 1% забезпеченості (табл. 3.4) по досліджуваних притоках оцінюється від 75 мм для річки Казенний Торець – смт Райське до 145 мм річки Оскіл – м. Куп'янськ.

Ще однією важливою характеристикою весняного водопілля є її тривалість. На рис. 3.1 приведено дані про тривалість весняного водопілля за багаторічний період спостережень по досліджених водозборах. Середня тривалість становить від 33 діб (р.Казенний Торець – смт Райське) до 51 добу (р. Оскіл – м. Куп'янськ). При цьому найдовше водопілля було 64-99 діб, а найменше 12-20 діб. Також в останні роки фіксувалось відсутність вираженої повіні.

Оскільки весняне водопілля є головною фазою формування стоку на річках, під час якого формується більшість запасу води для потреб народного господарства.

Таблиця 3.1 - Статистичні параметри рядів максимальних витрат води весняного водопілля на річках басейну р.Сіверського Дінця

Притоки	Площа водозбору, км <sup>2</sup>	n, років	Q <sub>max</sub> , м <sup>3</sup> /с	Метод моментів				Метод найбіл. правдоподіб.			Похибка, σ <sub>Q</sub> %	Модуль стоку Q <sub>max</sub> , м <sup>3</sup> /(с·км <sup>2</sup> )
				C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	r(1)	C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub>	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub>		
р.Уди – смт Безлюдівка	3300	63	108	1,07	2,72	0,187	2,5	1,16	3,61	3,1	14,6	32,7
р.Оскіл – м. Куп'янськ	12700	84	413	1,02	1,92	0,26	1,9	1,04	2,23	2,1	11,3	32,5
р.Казенний Торець – смт Райське	936	64	22,6	1,36	3,87	0,138	2,3	1,36	5,65	3,2	17,0	24,1
р.Бахмут – м. Сіверськ	1560	61	39,6	1,48	3,18	0,244	2,0	1,49	4,46	2,6	19,1	25,4
р.Красна – с. Червонопопівка	2540	66	79,9	1,26	2,59	0,343	2,1	1,29	3,34	2,6	15,9	31,5
р.Айдар – с. Новоселівка	6370	69	229	1,40	2,83	0,063	2,0	1,43	3,64	2,5	17,3	36,0

Таблиця 3.2 – Визначення максимальних витрат води весняного водопілля 1% забезпеченості на притоках Сіверського Дінця

Притоки	$Q_{\max}$ , м <sup>3</sup> /с	$C_v$	$k_{1\%}$	$Q_{1\%}$ , м <sup>3</sup> /с
р.Уди – смт Безлюдівка	108	1,16	5,62	607
р.Оскіл – м. Куп'янськ	413	1,04	5,05	2087
р.Казенний Торець – смт Райське	22,6	1,36	6,58	149
р.Бахмут – м. Сіверськ	39,6	1,49	7,22	286
р.Красна – с. Червонопопівка	79,9	1,29	6,23	498
р.Айдар – с. Новоселівка	229	1,43	6,9	1581

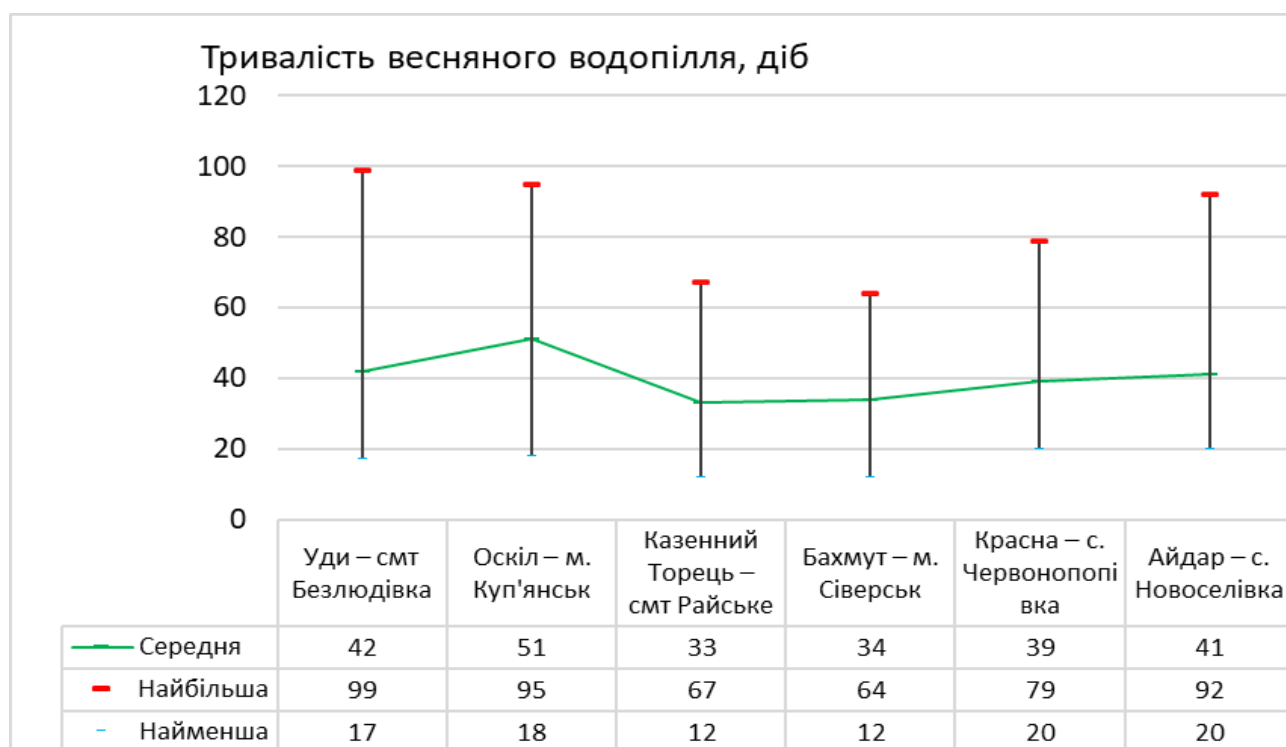


Рисунок 3.1 – Тривалість весняного водопілля по притоках Сіверського Дінця за багаторічний період спостережень

Таблиця 3.3 - Статистичні параметри рядів шарів стоку весняного водопілля на річках басейну р. Сіверського Дінця

Притоки	Площа водозбору, км <sup>2</sup>	n, років	Y, мм	Метод моментів				Метод найбіл. правдоподіб.			Похибка, σY%
				C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	r(1)	C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub>	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub>	
р.Уди – смт Безлюдівка	3300	63	41	0,61	0,90	0,319	1,5	0,62	0,97	1,6	7,8
р.Оскіл – м. Куп'янськ	12700	83	40	0,72	1,08	0,335	1,5	0,73	1,16	1,6	8,0
р.Казенний Торець – смт Райське	936	63	16	0,97	2,22	0,145	2,3	0,98	2,70	2,8	12,3
р.Бахмут – м. Сіверськ	1560	61	18	0,97	2,36	0,138	2,4	0,99	2,95	3	12,6
р.Красна – с. Червонопопівка	2540	66	26	0,92	1,65	0,289	1,8	0,94	1,92	2	11,6
р.Айдар – с. Новоселівка	6370	70	29	0,93	2,01	0,211	2,2	0,95	2,40	2,5	11,3

Таблиця 3.4 – Визначення шарів стоку весняного водопілля 1% забезпеченості на притоках Сіверського Дінця

Притоки	$Y_{\max}$ , мм	$C_v$	$k_{1\%}$	$Y_{1\%}$ , мм
р.Уди – смт Безлюдівка	41	0,62	3,15	128
р.Оскіл – м. Куп'янськ	40	0,73	3,63	145
р.Казенний Торець – смт Райське	16	0,98	4,77	75
р.Бахмут – м. Сіверськ	18	0,99	4,82	86
р.Красна – с. Червонопопівка	26	0,94	4,59	121
р.Айдар – с. Новоселівка	29	0,95	4,64	134

Стік весняного водопілля по розглянутих водозборах оцінюється в середньому як 24-41% річного стоку (рис. 3.2). Найбільший показник був 70-92%, а найменший 3-9%. Однак слід відмітити, що у 2007 році за даними ЦГО ім. Бориса Срезневського на досліджених водозборах відмічено, що «Повінь не була виражена».

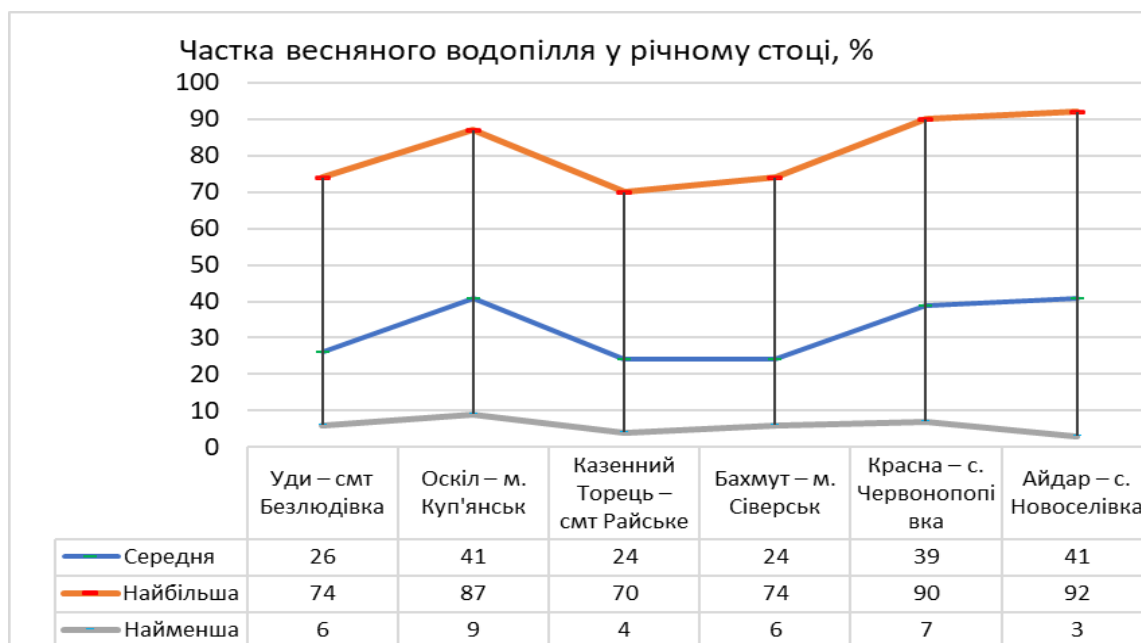


Рисунок 3.2 – Показники середнього, найбільшого та найменшого відсотку весняного водопілля від загального річного стоку на притоках р. Сіверський Донець в межах України за багаторічний період інструментальних спотережень

Наступним кроком було досліджено наявність тенденцій у показниках частки весняного водопілля у забезпеченості річної водності.

Поява тенденцій зміни осереднених характеристик стоку є прямим наслідком постійного впливу водогосподарських заходів або зміни клімату. Побудова ліній трендів дозволяє оцінити тенденцію у стокових величинах. Розрахункове значення коефіцієнта кореляції вважається значущим, якщо виконується умова  $r(1) \geq 2\sigma_{r(1)}$ .

Побудовані хронологічні графіки (рис. 3.3) показують, що лінії трендів направлені вниз, що свідчить про динаміку зменшення відсотків весняного стоку у формування загального об'єму річного стоку. Лінії тренду мають значиму тенденцію до зменшення частки весняного стоку на притоках р.Сіверського Дінця з кожним роком.

Для більш конкретної оцінки можливих майбутніх змін у весняному стоці слід виконати додаткові дослідження стокоформуючих факторів у майбутньому.

### 3.2 Дослідження фаз водності та циклічності стокових рядів весняного водопілля

Дослідження динаміки зміни водності дощових паводків є важливою складовою гідрології, що дозволяє аналізувати вплив кліматичних змін, урбанізації, водогосподарської діяльності на режим поверхневого стоку. У науковій практиці як в Україні, так і за кордоном застосовуються комплексні методи, що охоплюють статистичний, гідрологічний, геоінформаційний та моделюючий підходи. Зокрема, статистичні методи, такі як аналіз рядів максимальних витрат води та шарів стоку, дозволяють виявити циклічність та оцінити ймовірність виникнення паводків різної інтенсивності. Гідрологічні підходи зосереджені на вивченні особливостей водного режиму річок, враховуючи місцеві фактори формування стоку, такі як рельєф, геологічна будова, ґрунтово-рослинний покрив та кліматичні особливості [24].

## р.Уди – смт Безлюдівка



## р.Оскіл – м. Куп'янськ



## р.Казенний Торець – смт Райське



## р.Бахмут – м. Сіверськ



## р.Красна – с. Червонопопівка



## р.Айдар – с. Новоселівка



Рисунок 3.3 – Хронологічні графіки частки весняного стоку у загальному річному стоці на притоках р.Сіверський Донець

Дослідження трендів у коливаннях річкового стоку [17, 25, 26] може бути візуалізовано за допомогою хронологічних графіків, що відображають зміну величин характеристик весняного водопілля від року до року, як було досліджено тенденції та направленість ліній тренду у показника частки весняного стоку у

загальному річному стоці. При цьому наявні лінії тренду при аналізі даних важливі для виявлення тенденцій та прогнозування майбутніх гідрометеорологічних ситуацій на водозборах.

Дослідження циклічності у стокових рядах спостережень є важливим для гідрологічного аналізу та прогнозування. Річковий стік часто демонструє періодичні коливання як загального річкового стоку та і у різні фази водного режиму, зумовлені як природними (кліматичні фактори, сонячна активність, атмосферна циркуляція), так і антропогенними чинниками. Виявлення та аналіз цих циклів дозволяє краще зрозуміти закономірності формування водних ресурсів і ефективно керувати ними.

Багаторічні коливання кліматичних характеристик (опаді, температура, сніговий покрив, сонячна активність, Північноатлантичне коливання) безпосередньо впливають на стік, формуючи цикли різної тривалості – від кількох років до десятиліть. У багатьох регіонах стік збільшується навесні (танення снігу, інтенсивні дощі) та зменшується влітку та взимку. Проте за оцінками багатьох відчизняних та закордонних вчених прогнозується перерозподіл опадів між сезонами та збільшення середньорічної температури повітря.

На рис. 3.4-3.5 приведені хронологічні графіки максимальних витрат води та шарів стоку на притоках р. Сіверський Донець побудовані в модульних коефіцієнтах.

Аналізуючи графіки коефіцієнтів стоку максимальних витрат води (рис. 3.5) можна відмітити направленість ліній тренду вниз по всіх розглянутих водозборах. При цьому по всіх притоках Сіверського Дінця, окрім водозбору р. Казенний Торець – смт Райське тенденція до зменшення значима. Слід також відмітити, що за останні 20-30 років максимальні витрати води весняного водопілля були нижчі за середню багаторічну максимальну витрату води по кожному водозбору. У окремі роки епізодично максимальні витрати води перевищували значення багаторічних середніх показників як по максимальних витратах води так і шарах стоку (рис. 3.6) весняного водопілля на притоках р. Сіверський Донець (в межах України) по досліджуваних у роботі водозборах.

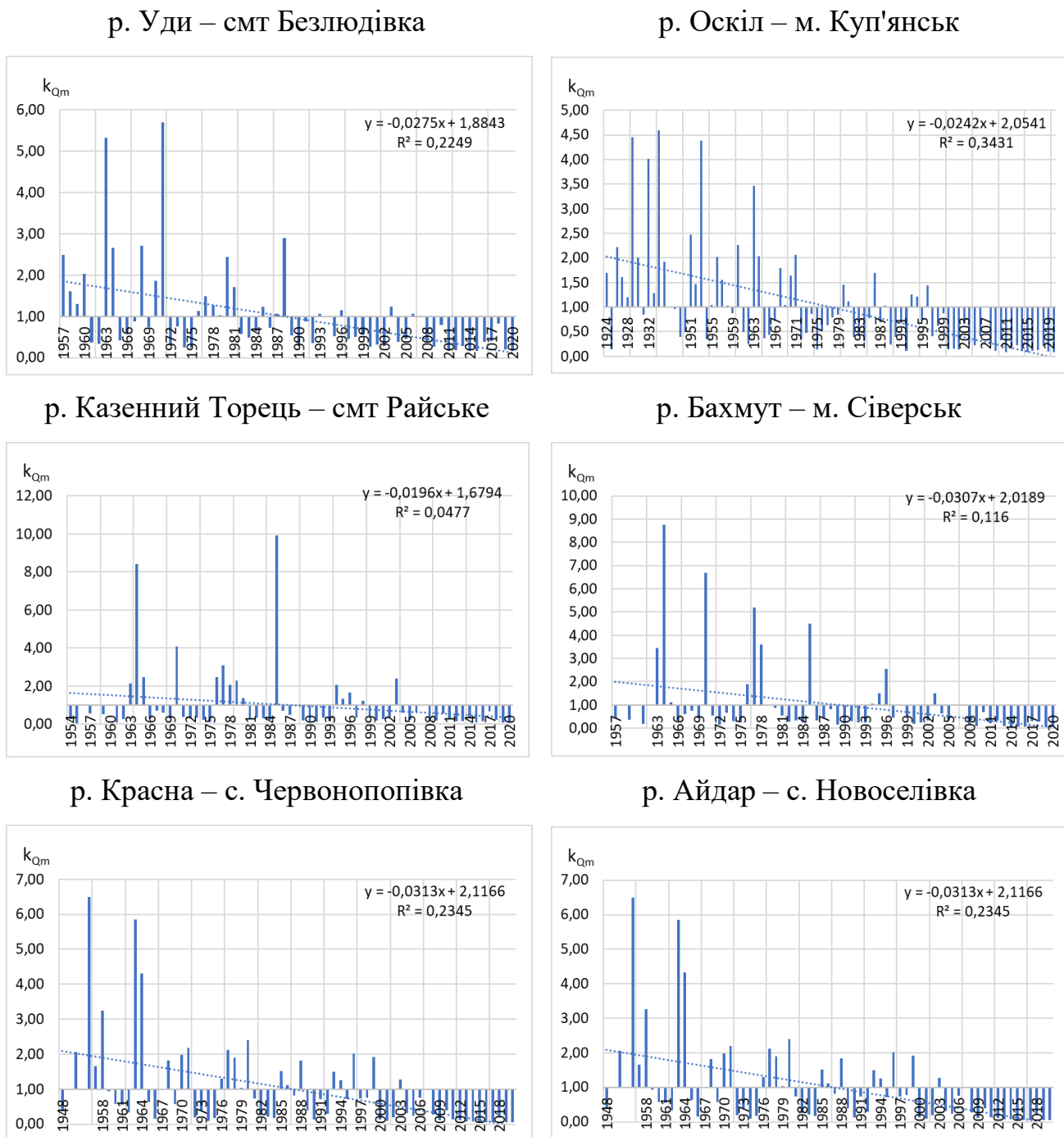


Рисунок 3.4 – Хронологічні графіки модульних коефіцієнтів стоку максимальних витрат води весняного водопілля на притоках р. Сіверський Донець

Тенденція у шарах стоку весняного водопілля по всіх розглянутих водозборах є значимою до зменшення величин.

Отже, можна зробити висновок, що в останні роки на всіх річках відмічається маловодна фаза водності у період весняного водопілля.

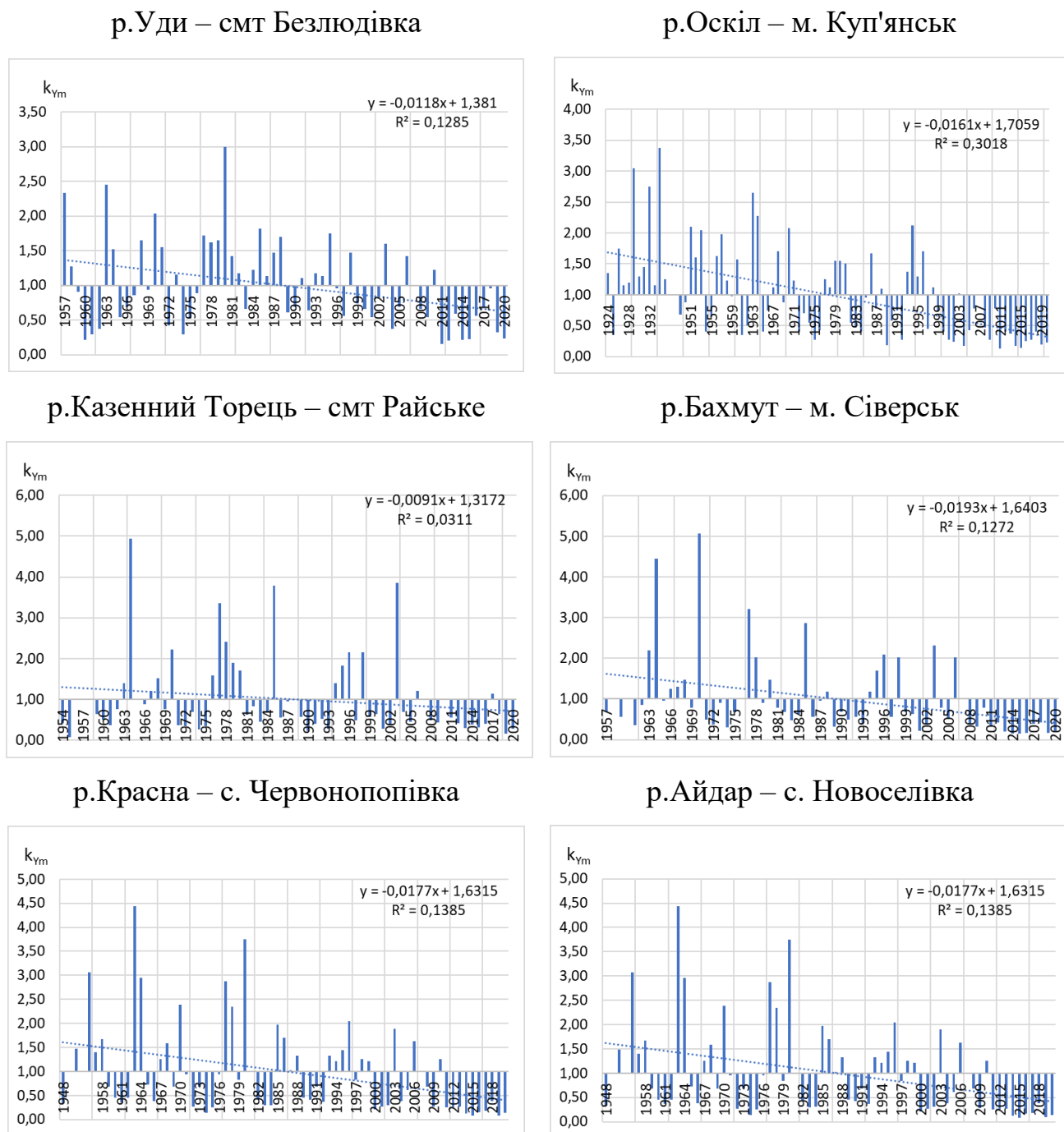


Рисунок 3.5 – Хронологічні графіки модульних коефіцієнтів шарів стоку весняного водопілля на притоках р. Сіверський Донець

Для виявлення та аналізу циклічності застосовуються різноманітні статистичні та математичні методи. Хоча хронологічні графіки можуть

візуалізувати зміну річкових величин стоку у різні фази водності, вони не завжди дають повне розуміння циклічних закономірностей. На загальному тлі довготривалих коливань можуть накладатися менші за тривалістю цикли, що ускладнює їх ідентифікацію.

З метою виявлення прихованих довготривалих циклів ефективно використовуються методи згладжування або фільтрації часових рядів. Ці процедури зменшують вплив випадкових коливань, підкреслюючи періодичні компоненти.

Одним з найбільш частіше використаним методом для вивчення закономірностей коливань річкового стоку, зокрема довготривалих циклів, широко застосовується метод різницево-інтегральних кривих відхилень. Він дозволяє візуалізувати накопичені відхилення річних величин стоку від їхнього середнього багаторічного значення шляхом побудови кривих. Методика розрахунку ординат цих кривих наступна:

1. Щорічні величини весняного водопілля або будь якої іншого стоку переводяться у відносні величини – модульні коефіцієнти, діленням фактичної річної величини стоку на його середнє багаторічне значення (яке приймається за одиницю). Це дозволяє зосередитися на відносних змінах водності.
2. Для кожного року спостережень обчислюється різниця між модульним коефіцієнтом та одиницею. Отримані відхилення послідовно додаються до попередньої суми, формуючи ряд точок, які при з'єднанні утворюють диференціальну інтегральну криву.

Властивості кривих:

- тривала спрямованість кривої вгору вказує на періоди стійкої підвищеної водності, коли річковий стік систематично перевищує середнє багаторічне значення. Чим крутіший підйом, тим більшим є позитивне відхилення.

- тривала спрямованість кривої вниз свідчить про періоди стійкої зниженої водності, коли річковий стік тривалий час залишається нижчим за середнє багаторічне значення.

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

## ВИСНОВКИ

Основна мета кваліфікаційної роботи бакалавра досягнута, а саме визначенні розрахункові характеристик максимального стоку (максимальні витрати води, шари стоку і тривалість) весняного водопілля на притоках Сіверського Дінця в межах України та оцінені статистичні параметри часових рядів спостереження за багаторічний період спостереження. За результатами дослідження можна зробити наступні висновки:

- Формування річкового стоку є багатофакторним процесом, що перебуває під різноманітним впливом фізико-географічних чинників та антропогенного навантаження. Величина річкового стоку та його мінливість як протягом року, сезону, так і з року в рік, є базовими характеристиками для оцінки водозабезпеченості регіону та при розробці планів управління. Розташування водозбору у степовій зоні створює потенційні ризики для розвитку ризиків дефіциту водних ресурсів особливо у тривалі посушливі періоди;

- досліджуваний регіон має значний показник антропогенного навантаження, який значно збільшився з 2014 року з початку військових дій;

- водний режим приток р. Сіверського Дінця в межах України характеризується весняним водопіллям навесні, яка триває в середньому 2-2,5 місяці, та тривалою меженню, що восени порушується збільшенням стоку за рахунок опадів;

- визначені та дослідити тренди у рядах максимальних витрат води, шарів стоку та тривалості весняного водопілля за багаторічний період спостережень:

1) побудовані хронологічні графіки частки весняного стоку у загальному річному стоці показують, що лінії трендів направлені вниз, що свідчить про динаміку зменшення відсотків весняного водопілля у формування загального об'єму річного стоку. Лінії тренду мають значиму тенденцію до зменшення частки весняного стоку на притоках р. Сіверського Дінця з кожним роком;

2) аналіз графіків модульних коефіцієнтів стоку максимальних витрат води показав направленість ліній тренду вниз по всіх розглянутих водозборах. При цьому по всіх притоках Сіверського Дінця, окрім водозбору р. Казенний Торець – смт Райське тенденція до зменшення значима;

3) за останні 20-30 років максимальні витрати води весняного водопілля були нижчі за середню багаторічну максимальну витрату води по кожному водозбору. У окремі роки епізодично максимальні витрати води перевищували значення багаторічних середніх показників як по максимальних витратах води так і шарах стоку;

4) тенденція у шарах стоку весняного водопілля по всіх розглянутих водозборах є значимою до зменшення величин;

5) в останні роки на всіх річках відмічається маловодна фаза водності у період весняного водопілля;

- середній багаторічний модуль максимального стоку весняного водопілля на притоках Сіверського Дінця (в межа України) змінюється від  $24,1 \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$  (р. Казенний Торець – смт Райське) до  $36,0 \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$  (р. Айдар – с. Новоселівка). Похибка вихідної інформації становить  $\pm 11,3-19,1\%$ , що є допустимим значенням оскільки не перевищує  $\pm 20\%$ . Розрахункові максимальних витрат води весняного водопілля 1 % забезпеченості змінюються від  $149 \text{ м}^3/\text{с}$  для річки Казенний Торець – смт Райське до  $2087 \text{ м}^3/\text{с}$  для річки Оскіл – м. Куп'янськ.

- середній багаторічний шар стоку весняного водопілля коливається від  $16 \text{ мм}$  (р. Казенний Торець – смт Райське) до  $41 \text{ мм}$  (р. Уди – смт Безлюдівка). Розрахований шар стоку 1% забезпеченості по досліджуваних притоках змінюється від  $75 \text{ мм}$  для річки Казенний Торець – смт Райське до  $145 \text{ мм}$  річки Оскіл – м. Куп'янськ.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. План управління річковим басейном Дону на 2025-2030 роки. *Сайт Сіверо-Донецького басейнового управління водними ресурсами*. 526 с. Режим доступу: [https://davr.gov.ua/fls18/PURBDon7\\_ukr.pdf](https://davr.gov.ua/fls18/PURBDon7_ukr.pdf) (дата звернення 28.04.2025)
2. Акіньшина, К. О. Сучасний водний режим річок басейну Сіверського Дінця в межах України : *Кваліфікаційна робота бакалавра*. Одеський державний екологічний університет, 2022. Одеса. 72 с.
3. Вишневський В. І., Куций А.В. Багаторічні зміни водного режиму річок України. Київ : Наукова думка, 2022. 252 с.
4. Ліпінський В. М. Клімат України / Ліпінський В. М., Дячук В. А., Бабіченко В. М. Київ : вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
5. Маринич О. М. Фізична географія України / О. М. Маринич, П. Г. Шищенко. Київ : КОО Знання, 2005. 511 с.
6. Вишневський В. І. Гідрологічні характеристики річок України / В. І. Вишневський, О. О. Косовиць. Київ : Ніка-Центр, 2003. 323 с.
7. Екологічні основи управління водними ресурсами : підручник / Томільцева А.І. та ін. Київ : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 200 с.
8. Водний кодекс України. Київ : Голос України, 1995. 15 с.
9. Швєбс Г.І., Ігошин М.І. Каталог річок і водойм України: Навчальнодовідковий посібник. Одеса: Астропринт, 2003. 392 с.
10. Жук В.М. Оцінка інтенсивності водокористування в Харківській області Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна, № 1147. Серія «Екологія», Вип. 12, 2015. С. 62-68.
11. Крайнюков, О. М. Сучасний екологічний стан водних об'єктів басейну річки Сіверський Донець. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. 2015. № 3-4(24). С. 71-77.

12. Гребінь В. В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) / В. В. Гребінь. Київ: Ніка-Центр, 2010. 316 с.
13. Blöschl G., Hall J., Parajka J., et al. Changing climate shifts timing of European floods. *Science (New York, N.Y.)*. 2017. Vol 357. Issue 6351. P. 588- 590. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aan2506>.
14. Акіньшина К.О. Аналіз гідрометеорологічних факторів при формуванні екстремального стоку в басейні Сіверського Дінця // Матеріали студентської наукової конференції Одеського державного екологічного університету 19-23 квітня 2021р., ОДЕКУ, Одеса – 2021. С.173.
15. Бальбат Г.В. Вплив зміни клімату на внутрішньорічний розподіл стоку річок басейну Сіверського Дінця в межах України : дисертація на здобуття ступеня доктора філософії. Українського гідрометеорологічного інституту ДСНС України та НАН України, Київ, 2023. 175 с. Режим доступу: <https://uhmi.dsns.gov.ua/upload/2/4/5/5/2/disertaciina-robota-ganna-bolbot.pdf> (дата звернення 15.05.2025)
16. Лобода Н. С. Закономірності коливань річного стоку річок України при змінах клімату на початку ХХІ століття // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. 2010. Т. 18. С. 62-70.
17. Державний водний кадастр. Багаторічні дані про режим та ресурси поверхневих вод суші (за 1981-2000 рр. та за весь період спостережень). Част.1. Т. II. Вип. 3. Київ, 2005. 373 с.
18. Горбачева Л.О. Оцінка можливих майбутніх змін водного стоку річок України (на середину ХХІ століття). *Культура народів Причорномор'я. Географічні науки* № 267, 2014. С.89-94.
19. Бальбат Г.В. Оцінка багаторічних коливань максимальних витрат води річок басейну Сіверського Дінця. Матеріали III-го всеукраїнського пленера з питань природничих наук, м. Одеса, 20 – 22 червня 2019 р. Одеса: ОДЕКУ, 2019. С. 13-15.
20. Бальбат Г.В. Оцінка багаторічних коливань мінімальних витрат води річок басейну Сіверського Дінця. Рельєф, клімат та поверхневі води як об'єкти

природничо-географічних досліджень (до 70-річчя кафедр землезнавства та геоморфології, метеорології та кліматології, гідрології та гідроекології: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: періодичний науковий збірник. № 3 (54), м. Київ, 2-4 жовтня 2019 р. Київ: КНУ ім. Тараса Шевченка, 2019. С. 31-33.

21. Державний водний кадастр. Розділ 1. Поверхневі води. Серія 3. Багаторічні дані. Багаторічні дані про режим та ресурси поверхневих вод суші (за 2011 – 2015 рр. та весь період спостережень). Частина 1. Річки і канали. Випуск 3. Басейни Сіверського Дінця, річок Приазов'я : довідкове видання. Київ, 2017. 162 с.
22. Гідрологічні розрахунки: підручник / Є.Д. Гопченко, Н.С. Лобода, В.А. Овчарук. Одеса: ТЕС, 2014. 484 с.
23. Гопченко Є.Д., Овчарук В.А., Шакірзанова Ж.Р. Зміни гідрометеорологічних характеристик весняного водопілля на рівнинних річках України. Український гідрометеорологічний журнал. 2012. Т. 10. С. 133-142.
24. Ю.В. Половникова, студентка V курсу ОР Бакалавр спеціальність Е4 «Науки про Землю» науковий керівник: Л. В. Кущенко, старший викладач Особливості коливань водності весняного стоку річок в басейні р. Стир у сучасний період. *Матеріали до 81-ї звітної студентської наукової конференції ОНУ імені І. І. Мечникова, 23-25 квітня, Одеса : ОНУ. 2025. С.215-217.*