

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

На правах рукопису

УДК 556.16

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему:

**«ХАРАКТЕРИСТИКА МІНІМАЛЬНОГО СТОКУ ПЕРІОДУ ЛІТНЬО-ОСІННЬОЇ МЕЖЕНІ
РІЧОК БАСЕЙНУ ПІВДЕННОГО БУГУ»**

Галузь знань 10 – Природничі науки
Спеціальність 103 – Науки про Землю

Освітня програма - Управління та екологія водних ресурсів

студентки 4 курсу
Плебан Софії Олександрівни

Науковий керівник:
доктор геогр. наук, професор
Гребінь В.В.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. УМОВИ ФОРМУВАННЯ МІНІМАЛЬНОГО СТОКУ В БАСЕЙНІ ПІВДЕННОГО БУГУ	4
1.1. Рельєф, геологічна будова басейну	4
1.2. Ґрунтово-рослинний покрив	7
1.3. Кліматичні умови	10
1.4. Загальна характеристика водогосподарського комплексу	13
РОЗДІЛ 2. ГІДРОЛОГІЧНА ВИВЧЕНІСТЬ ТА РЕТРОСПЕКТИВНИЙ АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ МІНІМАЛЬНОГО СТОКУ РІЧОК БАСЕЙНУ	17
2.1 Гідрографічна мережа басейну	18
2.2 Гідрологічна вивченість річок басейну	20
2.3 Аналіз попередніх досліджень мінімального стоку	30
РОЗДІЛ 3. МІНІМАЛЬНИЙ СТІК ЛІТНЬО-ОСІННЬОЇ МЕЖЕНІ	41
3.1. Фактори формування меженного стоку	41
3.2. Характеристика літньо-осінньої межені на річках басейну	47
3.3 Динаміка багаторічних коливань стоку літньо-осіннього періоду	48
ВИСНОВКИ	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	55
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Актуальність теми. Мінімальний стік є важливим аспектом внутрішнього розподілу стічних вод, який набуває суттєвого значення у плануванні промислових та комунальних систем водопостачання. Цей параметр визначає не лише розміри майбутніх підприємств або населених пунктів, а й можливість їх розміщення у визначеному місці. Деякі галузі промисловості та господарювання не допускають навіть найкоротшої перерви у постачанні води. Мінімальний стік також відіграє ключову роль у зрошенні. Зазвичай, найбільші обсяги водозабору на зрошення спостерігаються під час літньо-осіннього сезону.

Питання збереження чистоти водних ресурсів від забруднення та виснаження також не можуть бути вирішені без адекватної оцінки мінімальних витрат води. Характеристики мінімального стоку мають велике значення у формуванні стратегій щодо впорядкування та охорони водних ресурсів. Вони обмежують використання води та впливають на живі організми екосистем. У розвинених промислових районах викиди стічних вод можуть співпадати, або перевищити значення мінімального стоку, що призводить до забруднення річок. Тому дані про мінімальний стік є важливими гідрологічними показниками.

Мета і задачі дослідження. Метою бакалаврської роботи є оцінка процесу формування мінімального стоку води на річках, які входять до басейну Південного Бугу.

Для досягнення поставленої мети

автором вирішувались наступні завдання:

- аналіз теоретичних та методичних аспектів досліджень мінімального стоку з урахуванням сучасних підходів до його формування;
- оцінка впливу природних умов та господарської діяльності на процеси формування мінімального стоку;

- збір, обробка та підготовка вихідної інформації;
- аналіз внутрішньорічного розподілу стоку під час літньо-осінньої межені;
- вивчення багаторічних змін мінімального стоку;

Об'єкт дослідження – річки басейну Південного Бугу.

Предмет дослідження – мінімальний стік річки басейну Південного Бугу.

Структура й обсяг бакалаврської роботи. Структура роботи включає в себе вступ, три основних розділи, висновки та перелік використаних джерел. Повний обсяг роботи становить 63 сторінки.

РОЗДІЛ 1. УМОВИ ФОРМУВАННЯ МІНІМАЛЬНОГО СТОКУ В БАСЕЙНІ ПІВДЕННОГО БУГУ

Південний Буг є найбільшою річкою, басейн якої повністю розташований в межах України (рис. 1.1). Площа басейну становить 63700 км², має довжину 806 км та середній похил близько 0,40 ‰. Початок Південного Бугу розташований на Волино-Подільській височині біля с. Холодець у Хмельницькій області, а впадає - у Дніпро-Бузький лиман Чорного моря [4].



Рисунок 1.1 Басейн річки Південний Буг

1.1 Рельєф, геологічна будова басейну

Басейн Південного Бугу розміщений в межах трьох геоструктурних районів: верхню частину басейну знаходимо на Волинсько-Подільській височині, середня частина припадає на Придніпровську височину, а нижня течія належить Причорноморській низовині.

У межах Волинсько-Подільської та Придніпровської височин рельєф басейну є рівнинним; тут вододіл складається з плато, яке сильно

розчленоване глибоко врізаними річковими долинами і балками, дуже еродоване. У верхній частині вододілу ми спостерігаємо розчленованість мережі ярів та балок, глибина ерозії становить 50-100 м. У середній частині вододілу глибина ерозії досягає 100-200 м, а щільність яружно-балочної мережі становить 0,50-1,0 км/км². Для нижньої частини вододілу характерний плаский рельєф (рис. 1.2) з численними западинами-блюдцями. Рівнина середньо розчленована з глибиною ерозії 50- м, щільність яружно-балочної мережі становить 0,50-0,75 км/км².

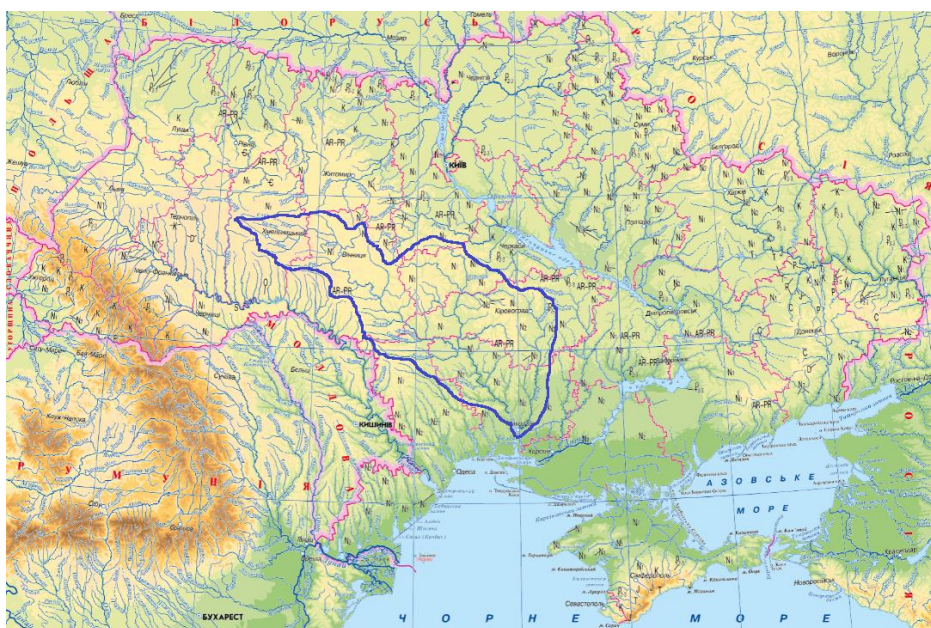


Рисунок 1.2 Рельєф басейну Південного Бугу

Плато ґрунтується на давніх кристалічних породах, таких як граніти та гнейси, які часто виходять на поверхню в багатьох місцях, але часто покриваються шарами третинних морських та континентальних відкладів, таких як піски, глини, мергелі.

Верхній шар геологічного профілю складають четвертинні відкладення. Вони поширені всюди й відсутні лише на обмежених ділянках, де виходять на поверхню ґрунтові породи [14].

У межах басейну Південного Бугу активно проявляються сучасні геологічні процеси, серед яких особливо виділяються ерозійна діяльність,

заболоченість, зсувні явища, еолова активність, ерозія ґрунтів та локально-карстові явища.

Завдяки різноманітності порід, що складають плато, долини річок, що протікають по Придніпровській височини, мають вигляд можуть мати вигляд або вузьких (0,2 - 0,8 км) з V-подібними формами, або широких (2,5 - 5 км) трапецеїдальних (басейни річок середньої течії П. Бугу , а також верхні і частково середні течії річок Інгулу, Громоклеї, Мертвоводу і Гнилого Єланцю). Де кристалічні породи зазнають більшого накладання четвертинних відкладів або виходять на поверхню, долини постають у вигляді ущелин, як у річках Південний Буг. Схили можуть мати висоту від 15 до 60 метрів, бути помірно крутими, крутими або дуже крутими, як, наприклад, у річках Синюха та Інгул. Рідко зустрічаються пологі схили, переважно вони є опуклими, сильно розсіченими, розораними або задернованими. Заплава, як правило, вузька, шириною від 0,1 до 0,3 км, але лише в низов'ях може розширюватися до 1-3 км. Вона рівна, суха, лугова, часом пересічена старицями, заболочена або грудкувата, як, наприклад, у річках Кодима та Інгул. Русла річок мають вивернутий характер, мало розгалужені, з шириною від 10 до 30 до 50 до 90 метрів. Ухили річок досить невеликі, від 0,8 до 1,4 %. Береги, у свою чергу, можуть бути крутими і обривистими, з висотою від 0,2 до 2 до 3 до 4 метрів, часто зливаючись зі схилами долин [29].

1.2 Ґрунтово-рослинний покрив

За характером ґрунтового покриву басейн Південного Бугу можна віднести до лісостепу та степу.

Основну частину поверхні складають легкосуглинисті і піщаносередньосуглинисті ґрунти, які утворились в результаті активності лісів і лесовидних суглинків. Ґрунти переважно мають сірий відтінок внаслідок опідзолення, з невеликою кількістю чорноземів у верхній частині деяких угідь. Світло-сірі суглинки переважають у верхній зоні басейну, тоді

як у центральній частині панують малогумусні чорноземи. На височинах рельєфу зазвичай зустрічаються опідзолені чорноземи.

Сучасна структура ґрунтового покриву верхніх та середніх регіонів басейну Південного Бугу складається внаслідок впливу різноманітних факторів, таких як геологічні умови, рослинність, рельєф, кліматичні умови та людська діяльність. Основними компонентами у формуванні ґрунтів є карбонатні лісові відклади [17].

На рівнинних ділянках басейну формуються глибокі чорноземи під впливом степової рослинності, тоді як на угіддях з лісовою рослинністю утворюються лісові опідзолені ґрунти. У долинах річок на алювіальних відкладах зустрічаються лучні та торфово-болотні ґрунти.

Світло-сірі та темно-сірі опідзолені ґрунти та чорноземи опідзолені переважають у верхній та середній частині басейну. У лісостепових опідзолених ґрунтах найбільший ступінь опідзолення мають світло-сірі ґрунти, а горизонт гумусоелювіального опідзолення в чорноземах є поверхневим (до 35 см).

Південніше від лінії, що пролягає через м. Балту – м. Первомайськ розташована зона різнотрав'яного степу. Тут ґрунтовий покрив складають чорноземи, які сформувалися на важких суглинисто-лесових породах. В районі нижче м. Первомайська до с. Олександрівка Миколаївської області переважають чорноземи важко та легкосуглинисті, мало та середньогумусні. В пониззі Південного Бугу вони змінюються на чорноземи слабосолонцюваті та каштанові ґрунти.

Рослинність. Одним із ключових чинників, що визначають гідрологічний режим басейну, поряд із кліматичними, ґрунтово-геологічними та геоморфологічними, - це рослинний покрив. Рослинність перерозподіляє опади, які надходять на землю, як за кількістю, так і за якістю, і має значний вплив на гідрологічний режим території.

Велика частина території басейну Південного Бугу розташована в межах лісостепової зони, що характеризується різноманітним і вишуканим

рослинним світом. Це обумовлено насамперед сприятливим кліматом, рельєфом та плідними ґрунтами. Природна рослинність охоплює близько 12% всієї території. Ліси займають 9%, луки – приблизно 2%, болота – 1%. Близько 70% земель використано для сільськогосподарських цілей, 2% – під водоймами, а до 5% припадає на урбанізовані зони [17].

В північно-західній частині басейну переважають молоді і середньовічні ліси широколистяних порід, які утворюють окремі масиви. Серед найпоширеніших дерев варто відзначити дуб, граб, ясен, клен, липу, в'яз, вільху. Щодо кущів, то тут часто можна зустріти ліщину, шипшину, жимолость та інші рослини (рис. 1.3).

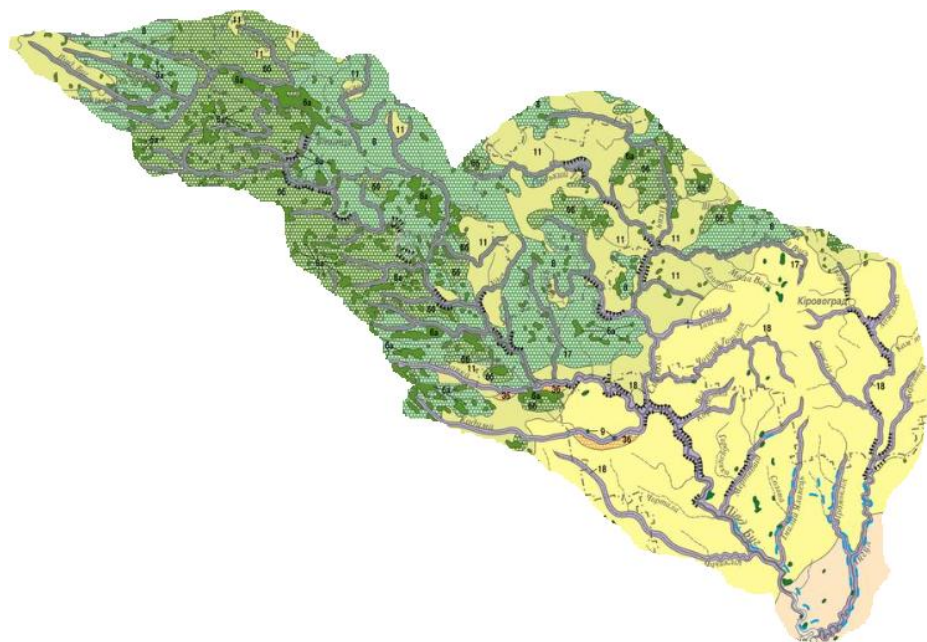


Рисунок 1.3 Рослинний покрив басейну Південного Бугу

На південь від лісової зони поширюються лісостеп і степ, змінюючи лісистість на більш відкриті простори. Початково вони представлені ковилово-різнотравною рослинністю, а потім стають ковилово-типчаківими. У степу ростуть засухоустійкі бобово-злакові асоціації, які включають тимофіївку, фіалку, суницю, медунку, пирій, волошку, ковилу, кропиву та інші рослини.

У басейні розташовані ліси розділені на дві категорії. Перша включає зелені зони поруч з містами, іншими населеними пунктами та промисловими

об'єктами, а також лісосмуги для захисту ґрунту, прибережні захисні смуги і захисні лісові смуги вздовж доріг. Друга категорія включає експлуатаційні ліси, де дозволено вирубування, проте не більше, ніж річний приріст. Ліси першої категорії займають у басейні Південного Бугу 73% загальної площі лісового фонду, тоді як ліси другої категорії - 27%. [18].

На певній території басейну Південного Бугу, де розташовані орні землі, проводяться сільськогосподарські роботи з вирощування культурних рослин, таких як пшениця, цукрові буряки, кукурудза, жито, горох, гречка, картопля та інші.

У флорі цієї території присутні різні ендемічні види, які є унікальними для даного регіону, такі як волошка савранська, козельці великі та інші. Також можна зустріти реліктові види, такі як хвощ великий, бруслина мала, медунка м'якенька та інші. Для збереження цих видів створюються нові природно-заповідні об'єкти.

1.3 Кліматичні умови

Клімат басейну Південного Бугу залежить від атмосферної циркуляції, яка регулює рух повітряних мас із різних частин Атлантики, Арктики та Середземного моря, що впливає на характер погодних умов в цьому регіоні [18].

У верхів'ї та середній частині басейну клімат помірно-континентальний. Клімат південних районів знаходиться під впливом Чорного моря і в нижній течії річки повільно переходить у посушливий.

Значна протяжність території басейну з північного заходу на південний схід спричиняє помітні відмінності у розподілі температури повітря (рис. 1.4) Середньорічна температура у верхній та середній частині басейну рухається в межах 7,1-8,1°C. Максимальні літні температури сягають 39°C, а мінімальні можуть опускатись до 3°C. Зимовий період в цій області супроводжується снігопадами та туманами, з середньою висотою снігового

покриву від 10 до 15 см. Часом зима може бути особливо суворою та тривалою [18].

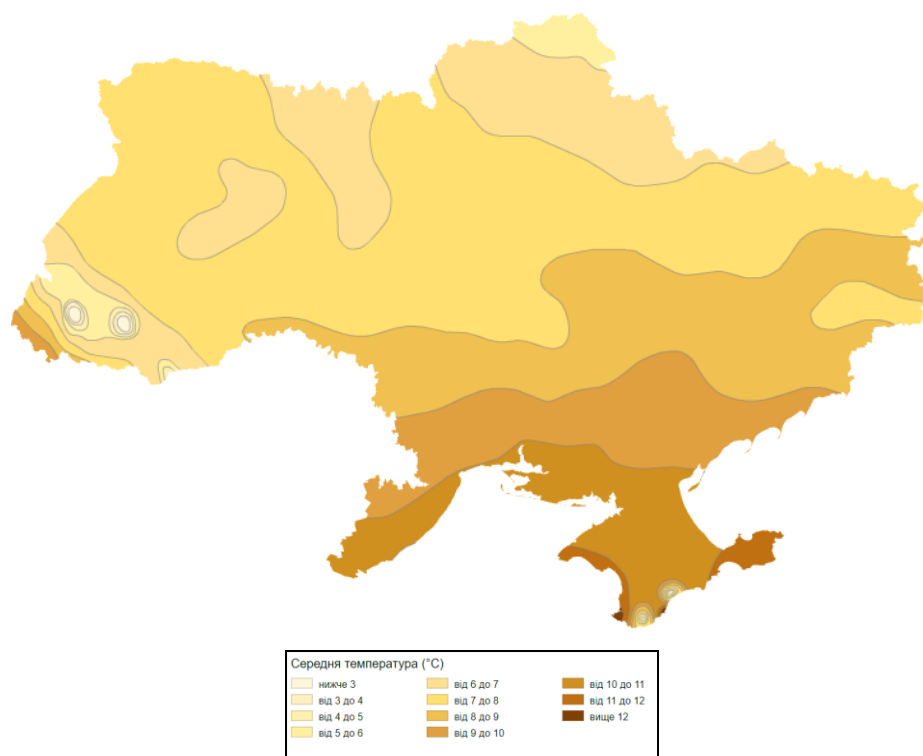


Рисунок 1.4 Розподіл температури повітря на території басейну Південного Бугу

Весна характеризується різким переходом від потепління до похолодання, від сухого клімату до дощового. У травні починають розвиватися грозові явища. Літній період відрізняється значним підвищенням температури, багатьма ясними днями, збільшенням кількості опадів і активною грозовою активністю. Осінній сезон, особливо його друга половина, характеризується частими похмурими днями, тривалими опадами і туманами. [18].

Річна норма опадів у верхній та середній частинах басейну становить від 669 до 550 мм, поступово зменшуючись із півночі на південь. Середньорічний обсяг опадів у верхніх та середніх ділянках басейну коливається від 669 до 550 мм і поступово зменшується у напрямку від півночі до півдня (рис. 1.5).

Нижня територія у водорозподільному басейні річки Південний Буг лежить у межах степової зони України, де панує помірно-континентальний клімат, характеризується теплим літом і м'якою, нестійкою зимою. Середньорічна температура повітря у цій області коливається від 8,0 до 10,0°C. Найвищі температури повітря (до 40°C) зафіксовані у липні-серпні, тоді як найнижчі (до мінус 35°C) спостерігаються в січні [18].

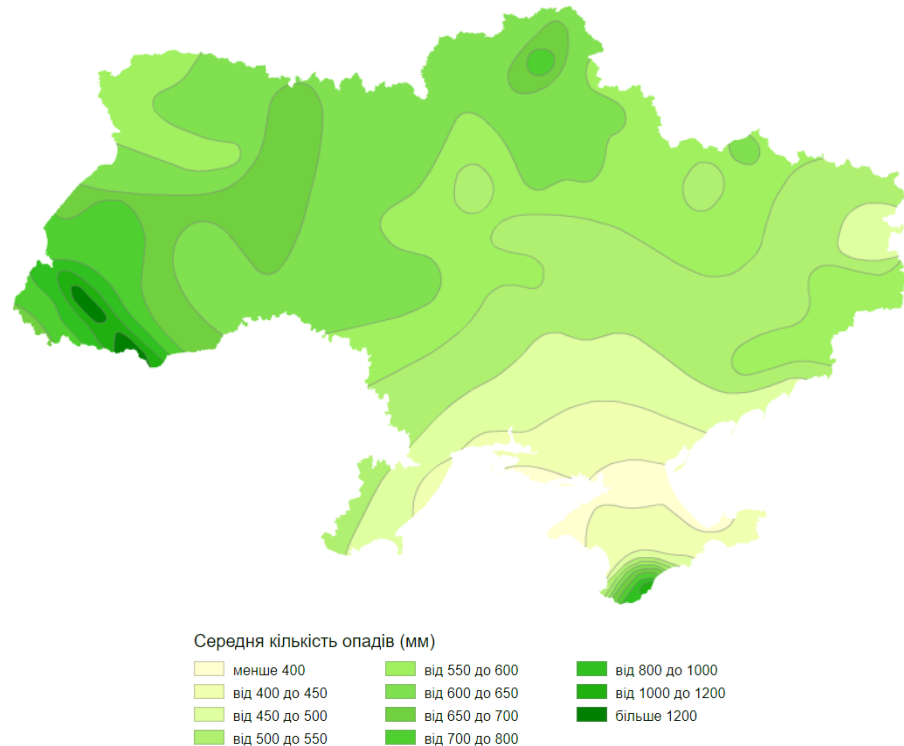


Рисунок 1.5 Середня річна кількість опадів на території басейну Південного Бугу

В нижній частині басейну, сніговий покрив утворюється у другій половині грудня і зникає в кінці лютого або на початку березня. Середня товщина снігового покриву становить 5-8 см. Глибина промерзання ґрунту в середній та нижній частинах басейну коливається від 20 до 50 см.

Річна кількість опадів у нижній частині басейну складає від 470 до 540 мм. Відносна середньорічна вологість повітря становить 60-65% [18].

Верхні та середні ділянки басейну мають норму випаровування з водної поверхні від 530 до 625 мм, тоді як на нижній території ця норма становить 800–900 мм. (рис. 1.5).

Переважаючими вітрами у басейні є вітри північно-західних напрямів. Середньорічна швидкість вітру — 3,0–4,4 м/с, максимальна — перевищує 30 м/с [18].

1.4 Загальна характеристика водогосподарського комплексу

Територія басейну Південного Бугу є високо розвиненою в господарському відношенні. Тут розташовано 70 адміністративних районів (59 з них повністю і 11 частково), 35 міст, 65 селищ, 2 878 сіл, в яких проживає близько 4,2 мільйонів осіб. З цієї кількості 2,4 мільйони - міське населення, а 1,8 мільйона - сільське, що становить приблизно 8% загальної чисельності населення України (табл.2.3) [6].

Регіон Південного Бугу є одним із сильних аграрних районів України, де промислове виробництво має високий рівень розвитку. Більшість цієї території є сільськогосподарською землею. У басейні Південного Бугу 81% загальної площі припадає на сільськогосподарські угіддя, а на окремих вододілях цей показник коливається від 74% до 90%.

Самі інтенсивно освоєні землі розташовані у водосховищах річок степової зони. Наприклад, у басейні річки Інгул сільськогосподарські угіддя займають 90% площі, у річки Синюхи - від 80% до 90%. Навіть у басейні річки Савранка, де розташовано один із найбільших ландшафтних заповідників дубових лісів в Україні, сільськогосподарська діяльність займає 71% території.

Ступінь розораності території переважно складає 57%, а в окремих басейнах малих річок може досягати 80%, перевищуючи екологічні межі. Дуже суттєві зміни відбулися в лісових масивах, багато з них було знищено. Поточна площа лісів становить лише 9%, а в південних районах не перевищує 3-7% площі басейнів, що в 2-3 рази менше оптимального значення.

Господарська діяльність призвела до суттєвого зменшення площі непорушених природних ландшафтів, таких як ліси, болота, луки, пасовища,

різнотрав'я та заповідні території. Це призвело до інтенсивного розвитку ерозійних процесів на всіх річках басейну Південного Бугу. Площа еродованих земель у деяких частинах басейну перевищує 50–70% (наприклад, річка Південний Буг від села Пирогівці, а також річки Бужок, Ров, Савранка, Бакшала, Чертала, Мертвовід, Інгул). Річний змив ґрунту з одного гектара може становити від 1 до 30 тонн, що призводить до втрат гумусу, погіршення родючості ґрунтів, впливає на якість води та режим річок. Продукти ерозії накопичуються у річках, водосховищах та ставках, що призводить до їхнього забруднення та підвищення рівня води.

Внутрішньорічні коливання стоку річок басейну великою мірою урівноважуються завдяки регулюванню системи водопостачання. Однією з особливостей басейну Південного Бугу, яка відрізняє його від інших великих річок, є значний рівень його регулювання. В басейні створено понад 10 тисяч штучних водойм, загальний об'єм яких становить близько 1,5 км³, що майже рівно випуску води в маловодний період на 95%.

В басейні розташовано понад 10173 ставків, загальна площа яких становить понад 56 тисяч гектарів, а загальний об'єм води складає 666 мільйонів кубічних метрів. Найбільша кількість штучних водойм споруджена у Вінницькій, Черкаській та Кіровоградській областях. [31].

У басейні знаходиться 187 водосховищ з об'ємом 892 мільйони кубічних метрів, їх водна площа майже 30 тисяч гектарів. На руслі річки Південний Буг збудовано 16 водосховищ об'ємом 316 мільйонів кубічних метрів, які використовуються для генерації електроенергії, водопостачання та відпочинку. Найбільше водосховищ розташовано у Кіровоградській (64) та Вінницькій (42) областях. Однак у деяких частинах басейну відчувається нестача води для потреб населення та промисловості, тому було побудовано канали та водогони для перекачування води з інших басейнів. Перекачування води здійснюється з річок, що впадають в басейн Дніпра. [8,31].

Для забезпечення водою обласного центру, міста Хмельницький, споруджено водовід із Дніпровського басейну, що простягається від села

Чернилівка до міста Хмельницького, має довжину 34 кілометри та пропускну здатність 0,8 м³/с. У 2014 році було подано 19 мільйонів м³ води.

Загальна протяжність магістральних каналів, які доставляють воду в маловодні райони Миколаївської області в межах басейну Південного Бугу, складає 53,3 кілометри. У 2014 році через Дніпро-Миколаївський водогін було подано 48 мільйонів кубометрів дніпровської води, зокрема 43 мільйони кубометрів для міста Миколаїв.

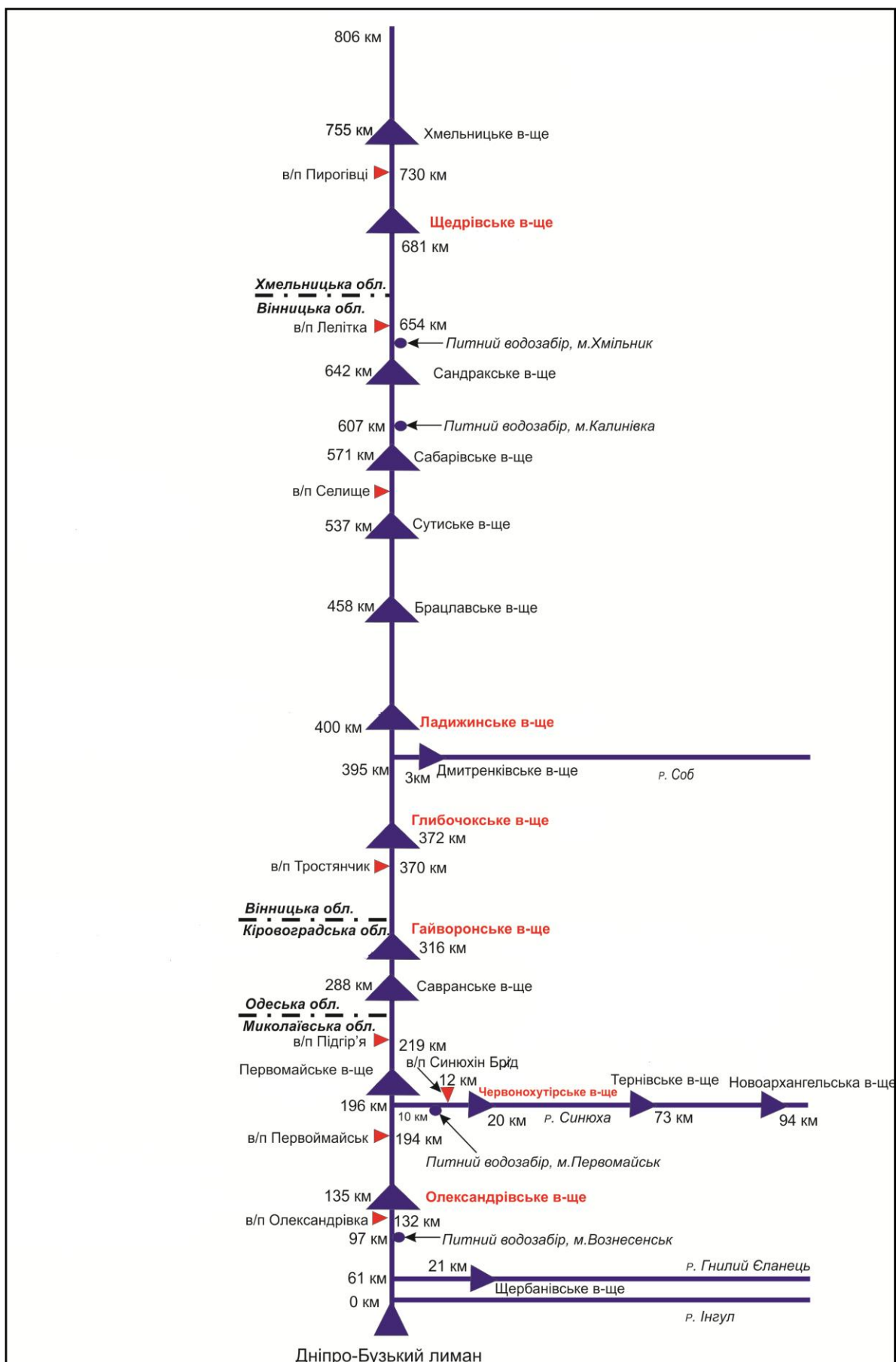


Рис. 1.6 Лінійна схема р. Південний Буг за даними БУВР Південного Бугу, [31]

РОЗДІЛ 2. ГІДРОЛОГІЧНА ВИВЧЕНІСТЬ ТА РЕТРОСПЕКТИВНИЙ АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ МІНІМАЛЬНОГО СТОКУ РІЧОК БАСЕЙНУ

Масштаби водокористування та його вплив на довкілля наразі досягли таких розмірів, що екологічні вимоги, які ставляться для збереження водного середовища, і навіть сама можливість використання водних ресурсів стають лімітуючим чинником соціально-економічного розвитку. Зростання споживання води разом із нерівномірним її розподілом по території та в часі, практично неконтрольоване забруднення водних ресурсів, зумовлюють необхідність більшої уваги до досліджень стоку у лімітуючі сезони.

Проведені численні дослідження протягом останнього десятиріччя однозначно доводять, що зміни клімату мають значний вплив на режим води в річках. З урахуванням вже відбух змін та високої ймовірності подальшого потепління протягом найближчого десятиріччя, особлива увага приділяється проблемі оцінки змін річкового стоку. Особливої уваги привертають питання оцінки мінімального стоку річок.

Характер змін гідрометеорологічних характеристик, що вже відбулися, та висока ймовірність їх продовження у майбутньому змушують по новому підходити до визначення параметрів водогосподарських систем та правил їх експлуатації. У недалекому минулому рішення практичних завдань полегшувалося тим, що при гідрологічному обґрунтуванні водогосподарських заходів приймалася гіпотеза стаціонарності процесів стоку. Процеси глобального потепління ставлять під сумнів концепцію стаціонарності багаторічних коливань гідрометеорологічних величин. В таких умовах розрахунки мінімального стоку на фоні сучасних та майбутніх кліматичних змін стають однією з найбільш актуальних проблем гідрології [4].

2.1 Гідрографічна мережа басейну

Басейн річки Південний Буг межує з басейном річки Дніпро, басейном річки Дністер та річками Причорномор'я. Верхня та середня частини басейну Південного Бугу розташовані на Волино-Подільській і Придніпровській височинах, та на нижньої частина басейну – на Причорноморській низовині. Басейн охоплює 10,6% території України і розташований на території Хмельницької, Вінницької, Кіровоградської, Миколаївської, Київської, Одеської та Черкаської областей (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 Гідрографічна мережа басейну річки Південний Буг

У цілому на території басейну Південного Бугу протікають 6594 річки, серед яких 1 - велика, 11 - середніх і 6582 - малих (з них 367 мають довжину більше). Загальна протяжність річкової системи в басейні становить 22,4 тис. км. Середня густота річкової мережі складає 0,35 км/км², проте вона змінюється від 0,73 до 0,40 км/км² у верхній частині басейну до 0,16 км/км² - у нижній частині. Серед основних приток річки: Соб, Кодима, Синюха, Тікич з Гнилим і Гірським Тікичами, Велика Вись, Ятрань, Чорний Ташлик, Чичиклея та Інгул [6].

Однією з унікальних особливостей річки Південний Буг є її відсутність значних приток. Ця річка практично утримується лише одним великим притоком - річкою Синюха, яка формується в результаті об'єднання річок Тікич і Велика Вись. Площа водозбору Синюхи становить 16700 км², що складає 26% від загальної площі водозбору Південного Бугу. Саме у місті Первомайськ річка Синюха впадає у Південний Буг. [30].

Серед інших приток можна виділити річку Інгул (площа басейну – 9890 км²), яка насамперед відзначається своєю довжиною – 354 км. Фактично річка впадає в Бузький лиман в межах м. Миколаєва.

На території басейну річки Південний Буг можна зустріти декілька невеликих озер, які розташовані у Кіровоградській (3 озера загальною площею 87,5 га), Одеській (2 озера площею 2,5 га) і Миколаївській (7 озер загальною площею 100 га) областях. Загальна площа 12-ти озер в басейні складає 190 га.

Однією з особливостей гідрографічної мережі є Дніпровсько-Бузький лиман. Це невелика затока Чорного моря, яка відокремлена від нього Кінбурнською косою. Лиман з'єднується з морем через Кінбурнську протоку, через яку відбувається обмін водою. На сході він межує з устям Дніпра, а на півночі поступово переходить у річку Південний Буг.

За розмірами Дніпровсько-Бузький лиман є найбільшим у Чорному морі. Його площа становить 800 км², а об'єм води - 3 км³. Лиман має мілкий дно, середня глибина становить 3,5-4 м. [20].

Дніпровсько-Бузький лиман іноді розглядають як дві окремі водойми— Дніпровський та Бузький лимани, але чіткої межі між ними немає. Хоча межі дніпровської частини лиману визначені відносно чітко, верхня межа бузької частини залишається предметом дискусій. Зазвичай цю межу встановлюють по Варварівському мосту, що розташований у місті Миколаїв. Довжина Бузького лиману становить 47 км, ширина - 11 км, а площа - 162 км².

Відмінною рисою басейну Південного Бугу, що відрізняє його від інших великих річок, є висока ступінь його регуляції. У басейні було

створено понад 10 тисяч штучних водних об'єктів, загальний об'єм яких становить 1,5 кубометра, що трохи перевищує обсяг стоку у маловодний період на 95%

На території басейну Південного Бугу розташовано 187 водосховищ, водна площа яких становить близько 30 тисяч гектарів, а загальний об'єм складає 892 мільйони кубометрів.

На самій річці Південний Буг споруджено 16 руслових водосховищ, сумарний об'єм яких становить 316 мільйонів кубометрів. Найбільша кількість водосховищ знаходиться в Кіровоградській області (64) і Вінницькій області (42).

У басейні річці знаходиться 10234 ставки, з загальною площею понад 57 тисяч гектарів і сумарним об'ємом 669 мільйонів кубометрів.

Найбільше ставків в басейні Південного Бугу побудовано у Вінницькій, Кіровоградській та Черкаській областях [19].

На території басейну річки Південний Буг управління водними ресурсами у межах своїх повноважень здійснює Басейнове управління водних ресурсів річки Південний Буг.

2.2 Гідрологічна вивченість річок басейну

Сучасна назва річки – Південний Буг – використовується лише близько ста років. Слов'янська назва річки «Бог» використовувалася практично до початку ХХ сторіччя. Зокрема, на відомій «Генеральній карті України», 1650 р. французького інженера та військового картографа Гійома Левассера де Боплана річка зображена під такою назвою, на відміну від Бугу (теперішнього Західного). На польських та австро-угорських картах ХІХ сторіччя для річки широко використовується назва «Буг», яка поступово поширюється і на російських картах того часу. Зокрема, на військово-топографічній карті Російської імперії, що складена у 1846-1863 рр. та перевидавалася до 1919 р. річка називається Бугом. Отже, дві великі річки, басейни яких розташовані відносно недалеко один від одного, мали однакову

назву. Це дало підставу геологу В.Д. Ласкареву, що працював над створенням одного з листів геологічної карти Російської імперії в межах Волинської та Подільської губерній на початку ХХ сторіччя, враховуючи географічне розташування басейнів, нанести річки на карту під назвами «Західний Буг» та «Південний Буг». Саме під такою назвою річка увійшла до каталогу П.Л. Маштакова, виданого в Петрограді в 1917 р. під назвою «Список рек бассейнов Днестра и Буга (Южного)» [18]. Надалі назву «Південний Буг» використано Є. В. Оппоковим у праці «Водные богатства Украины», 1925 р., після чого вона остаточно увійшла до наукової літератури [19].

На річці Південний Буг почали проводити інструментальні гідрологічні спостереження з певним запізненням у порівнянні з іншими великими українськими річками, такими як Дніпро або Дністер. Це пояснюється тим, що до практично початку ХХ століття великі річки України вивчалися переважно з точки зору їхньої придатності для судноплавства. Оскільки річка Південний Буг придатна для судноплавства лише на нижній ділянці, від села (наразі, смт) Олександрівка до гирла, то тривалий час інтерес науковців та практиків був прикутий лише до вивчення даної ділянки. Зокрема, на початку 1880-х років Київським округом шляхів сполучення детально було досліджено ділянку річки від с. Олександрівка до м. Миколаїв зі складанням її поздовжнього профілю. Саме на цій ділянці в містечку Кантакузіно (наразі, с. Прибужани Миколаївської обл.) було відкрито в 1886 р. перший водомірний пост на Південному Бузі з регулярними спостереженнями за рівнями води. Наприкінці 90-х років ХІХ сторіччя на даному посту починають вимірювати перші витрати води р. Південний Буг [6]. Епізодичні виміри витрат води проводяться в цей час також на всій нижній ділянці річки, від с. Олександрівка до с. Новогригорівки. Слід зазначити, що виміри витрат води на цій ділянці було припинено у 1920-х роках, а результати попередніх вимірювань визнано помилковими через вплив на результати вимірювань згінно-нагінних явищ з боку Бузького лиману.

Наявність порогів та перепадів в руслі річки та її приток, з одного боку, перешкоджали розвитку судноплавства, але, з іншого, здавна сприяли використанню їх механічної енергії. В кінці XIX століття в басейні Південного Бугу працювали 636 водяних коліс, які виробляли потужність 5 тисяч конських сил (6750 кВт) [21]. Інтерес до вивчення гідрологічного режиму річки Південний Буг зростав, оскільки проводилися дослідження щодо можливостей використання її для виробітку електроенергії.

Значний розвиток мережі гідрологічних спостережень у басейні Південного Бугу відбувся у 1910-ті роки [21]. Протягом цього періоду було відкрито гідрологічні пости на річці Південний Буг поблизу міст Вінниця та Хащувата, на річках Рів поряд з селом Демидівка, Згар поруч із селом Мізяків, а також Гірський Тікич біля села Тальне. У 1913 році було відкрито Бузьку гідрометричну станцію для вимірювання рівня та витрати води в районі Бузьких порогів. Згодом, у 1922 році, цю станцію перенесено до села Олександрівка [21].

Перша ГЕС в басейні була споруджена в 1912 р. на Південному Бузі в м. Тиврів. Потужність її становила всього 50 кВт. Через рік у с. Сокілець теперішнього Немирівського району Вінницької області запрацювала друга ГЕС дериваційного типу. На середину 20-х років минулого сторіччя на річках басейну працювало близько 180 малих ГЕС потужністю від 5 до 100 кВт. В 1927 р. в районі с. Олександрівка почала працювати найпотужніша (на той час) ГЕС в басейні. Дві її турбіни мали загальну потужність 450 кВт. Через сім років, з пуском третьої турбіни, потужність станції досягла 900 кВт. На даний час на території басейну експлуатується 28 малих ГЕС загальною встановленою потужністю понад 46 тис. кВт і середньорічним виробітком близько 150 млн. кВт/год. До найбільших з них належать: Ладжинська (7500 кВт), Глибочокська (6600 кВт), Гайворонська (5700 кВт), Олександрівська (11500 кВт) ГЕС. Більшість із діючих станцій було побудовано у 1950-х – на початку 1960-х рр. Значну їх частину було реконструйовано впродовж останніх 10-15 років [18].

Значний комплекс топографічних зйомок, гідрометричних, геологічних та інших досліджень виконано в межах басейну впродовж 20-30 років минулого сторіччя. Метою таких робіт було вивчення можливостей гідроенергетичного використання річки та її приток, з'ясування перспектив розвитку зрошення та риборозведення.

У цей час продовжує розширюватися мережа гідрологічних спостережень на річці. Якщо на початок 1920 року в межах басейну працювало 12 гідрологічних постів, на 5 з яких визначалися витрати води, то на початок 1940 р. їх кількість у басейні досягла 48, з них на 35 постах визначався стік води. Під час Другої світової війни припинено гідрологічні спостереження на річках басейну, але їх відновлено у період 1944-1946 років. Розвиток гідротехнічного будівництва на Південному Бугу та його притоках з метою регулювання водного стоку та задоволення потреб промисловості, сільського господарства та місцевого населення у водних ресурсах призвів до значного збільшення кількості гідрологічних спостережень в межах басейну після війни. У 1950-х – на початку 1970-х років в межах басейну працювало 35-36 гідрологічних постів, де визначався стік води, з них 3-4 пости функціонували в складі підприємств гідроенергетичної галузі для контролю стоку води під час експлуатації ГЕС [21].

Починаючи від середини 1970-х років за вказівкою керівництва гідрометеорологічної служби колишнього СРСР відбулася так звана «оптимізація» мережі гідрологічних спостережень на річках України. Фактично, вона звелася до закриття близько 20% всіх постів. У басейні Південного Бугу припинила свою діяльність 10 гідрологічних станцій, що становило приблизно третину від загальної кількості діючих станцій того часу. Ще чотири станції (з них три державні) було закрито у 1990-х та на початку 2000-х років. Протягом цього періоду лише одна нова станція була відкрита - річка Південний Буг, с. Селище. Отже, в різний час в межах басейну працювало 54 гідрологічні пости, де проводилися вимірювання витрат води. На даний час (01.01.2018 р.) таких постів є 22 (табл. 2.1). Ще два

пости з тих, що діють наразі в межах басейну (р. Південний Буг – с. Прибужани та р. Південний Буг – м. Миколаїв) здійснюють виміри рівнів води.

Із загальної кількості «витратних» постів 7 діють на самому Південному Бузі, ще 15 – на його притоках. Значна більшість постів (понад 86%) проводять спостереження за рівнем води, які тривають понад 60 років. Найбільшою тривалістю спостережень характеризується пост р. Південний Буг – смт Олександрівка, що має понад 100-річний період спостережень. Найменша тривалість спостережень по гідрологічному посту р. Південний Буг – с. Селище, відкритому у 2002 році.

Таблиця 2.1. Перелік діючих (на 01.01.2024 р.) гідрологічних постів в басейні Південного Бугу, де здійснюється визначення витрат води

№ п/п	Річка – пост	Площа водозбору, км ²	Дата відкриття (поновлення), рік
1	р. Південний Буг –с. Пирогівці	827	1963
2	р. Південний Буг –с. Лелітка	4000	1926
3	р. Південний Буг –с. Селище	9100	2001
4	р. Південний Буг –с. Тростянчик	17400	1927
5	р. Південний Буг –с. Підгір'я	24600	1924
6	р. Південний Буг –м. Первомайськ	44000	1945 (1979)
7	р. Південний Буг –сmt Олександрівка	46200	1923
8	р. Південний Буг –с. Прибужани	46700	1886
9	р. Іква –сmt Стара Синява	439	1939
10	р. Згар – сmt Літин	692	1912
11	р. Рів – с. Демидівка	1130	1915
12	р. Соб – с. Зозів	92,5	1945
13	р. Савранка –с. Осички	1740	1933
14	р. Кодима –с. Катеринка	2390	1925 (1930)
15	р. Синюха –с. Синюхин Брід	16700	1924
16	р. Гнилий Тікич –сmt Лисянка	1450	1944
17	р. Велика Вись –с. Ямпіль	2820	1925
18	р. Ятрань –с. Покотилове	2140	1915 (1930)
19	р. Чорний Ташлик –с. Тарасівка	2230	1932
20	р. Мертвовід –с. Крива Пустош	252	1948
21	р. Інгул – м. Кропивницький	840	1944 (1967)
22	р. Інгул – с. Седнівка	4770	1932

23	р. Інгул –с. Новогорожене	6670	1925
----	---------------------------	------	------

Важливою характеристикою гідрологічного поста є величина площі водозбору, стік з якої він узагальнює. Як відомо, згідно державного стандарту України ДСТУ 3517-97 «Гідрологія суші. Терміни та визначення основних понять», що введений в дію з 01.08.1997 р. та чинний на сьогодні, річки України поділяються на малі (з площею водозбору до 2000 км²), середні (від 2000 км² до 50 000 км²) та великі (понад 50 000 км²). За цією градацією 2/5 всіх гідрологічних постів басейну розташовані на малих річках, 3/5 – на середніх.

Незважаючи а те, що річка Південний Буг є великою за вказаною вище класифікацією (площа її водозбору становить 63700 км²), але максимальна величина площі водозбору, що охоплюється гідрологічним постом р. Південний Буг – смт Олександрівка становить лише 46200 км², що відповідає критерію середньої річки. У Водну рамкову директиву ЄС закладено значно менші параметри площ водозбору при поділі на градації: малі (10-100 км²), середні (100-1000 км²), великі (1000-10 000 км²) та дуже великі (понад 10 000 км²) річки [22]. За цією типізацією діючи гідрологічні пости, де вимірюється стік води, розташовані, переважно (50%) на великих та дуже великих (23%) річках басейну. Практично не охопленими спостереженнями залишаються малі річки де працює лише один гідрологічний пост р. Соб – с. Зозів (площа водозбору 92,5 км²).

Перші узагальнення матеріалів гідрологічних спостережень на річках басейну здійснено у середині 20-х років минулого сторіччя інженерами В.Філатовим (описав режим рівнів води р. Південний Буг поблизу м. Вінниця за період 1915 – 1925 рр.) та В. Поповим (узагальнив наявні на той час матеріали спостережень Бузької гідрометричної станції, відкритої в 1913 р. в с. Богданівка та перенесеної у 1922 р. до с. Олександрівка). Останньому належить авторство виданої у 1924 р. монографії «Режим реки Южного Буга и возможность использования его энергии» [21].

Ґрунтовним узагальненням відомостей про річку та її басейн з наведенням даних про кліматичні та геологічні особливості водозбору, його гідрографічну характеристику, умови живлення, режим рівнів та витрат річки, стан та перспективи використання її енергетичного потенціалу стало видання в 1928 р. у м. Вінниці монографії інженера О.Бирулі «Ріка Бог та її сточище». Таке видання стало можливим завдяки колективній праці кількох наукових установ та, передусім, Інституту водного господарства України, створеного у 1926 р.

У повоєнний час, по мірі накопичення матеріалів спостережень на гідрологічних постах басейну, створювалися передумови для їх узагальнення та подальшого аналізу. Ґрунтова працею в цьому напрямку, що не втратила актуальності до сьогодні, є монографія «Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 6. Украина и Молдавия. Выпуск 1. Западная Украина и Молдавия», що вийшла за редакцією М. С. Каганера в 1969 році [25]. В ній узагальнено дані спостережень на річках басейну від початку спостережень до 1965 р. На підставі аналізу цих даних надано характеристику норми стоку та мінливості річних витрат, внутрішньорічного розподілу стоку, його максимальних та мінімальних річних характеристик, стоку завислих наносів в створах гідрологічних постів. Оцінку водних ресурсів річки Південний Буг та відомості про основні напрями використання її водних ресурсів наведено у праці С.С. Левківського «Водные ресурсы Украины. Использование и охрана», що вийшла друком в 1979 р. [15]. Результатом колективної праці творчих колективів наукових співробітників та спеціалістів Української філії Центрального науково-дослідного інституту комплексного використання водних ресурсів, Укрдіпроводгоспу, Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту та установ інших відомств стало видання «Справочника по водным ресурсам» за редакцією Б. І Стрельця (1987 р.) [26] та довідника «Малі річки України», за редакцією А.В. Яцика (1991 р.) [32]. Обидва довідники містять доволі значний матеріал стосовно умов формування та характеристик поверхневого та підземного стоку в межах

басейну Південного Бугу, відомості про використання водних ресурсів басейну та впливу водогосподарських заходів на характеристики стоку. Також надано характеристику основних водогосподарських об'єктів басейну та розглянуто екологічні аспекти окремих водогосподарських заходів. Водогосподарські аспекти використання річок басейну знайшли своє відображення у монографії «Водне господарство в Україні» за редакцією А.В.Яцика та В.М.Хорєва (2000 р.) [34].

Особливостям гідрологічного та гідрохімічного режиму річки Південний Буг присвячено розділ монографії В. І. Вишневського «Річки і водойми України. Стан і використання» (2000 р.). Автором розглянуто також аспекти водогосподарського використання річки та її приток. Особливої уваги приділено Південно-Українському енергокомплексу, що є найбільшим водогосподарським та енергетичним об'єктом на річці. Певної уваги приділено описанню гідрологічного режиму річки і в монографії В.І. Вишневського та О.О. Косовця «Гідрологічні характеристики річок України» (2003 р.) Авторами узагальнено дані гідрологічних спостережень на річках басейну по 2000 рік включно [4].

Слід відзначити також довідковий посібник за редакцією М.М. Паламарчука та Н.Б. Закорчової «Водний фонд України», перше видання якого побачило світ в 2001 р., а друге, доповнене – в 2006 р. [20]. Посібник містить дані про річкову сітку басейну Південного Бугу, водосховища і ставки, канали та водоводи, розміщені в межах басейну.

Від початку 2000-х років одним з пріоритетів екологічної політики України стає поетапна гармонізація законодавства України з законодавством Європейського Союзу (ЄС), зокрема з Водною рамковою директивою 2000/60/ЄС. Ключовою вимогою директиви варто вважати положення про організацію басейнового управління водними ресурсами, врахування при цьому економічних та екологічних аспектів. При цьому в якості прикладу наводився досвід Франції, де однією з перших в Європі була створена та успішно функціонує ефективна система управління водними ресурсами. У

Франції водна політика ґрунтується на принципах децентралізації, створення колективних органів управління водою, збереження водного середовища як ключового регулятора екологічного стану, проведення наукових досліджень водних ресурсів. Обов'язковою умовою при цьому є недопущення подальшого погіршення стану водного об'єкту. Однією з перших фундаментальних монографій, що була присвячена формулюванню основних принципів та факторів інтегрованого управління водогосподарськими комплексами відповідно до вимоги басейнового управління водними ресурсами, стала праця В.А.Сташука «Еколого-економічні основи басейнового управління водними ресурсами», 2006 р. [27]. У ній, серед іншого, проаналізовано водогосподарсько-екологічний стан в басейнах основних річок України, зокрема і в басейні Південного Бугу. Автором розглянуто водоресурсний потенціал басейну, об'єми та структура водокористування, основні джерела забруднення поверхневих вод та ефективність роботи очисних споруд.

Характеристика природних умов басейну Південного Бугу, гідрологічного та гідрохімічного режиму річки та її приток, оцінка впливу господарської діяльності на водні ресурси басейну знайшли своє відображення у колективній монографії «Водні ресурси та якість річкових вод басейну Південного Бугу (2009 р.) за редакцією В.К. Хільчевського [30]. Розроблений авторами методичний підхід до оцінки впливу господарської діяльності на водні ресурси надав можливість визначити ділянки басейну з різним ступенем антропогенного навантаження та розробити рекомендації стосовно подальшого впровадження басейнового принципу управління водними ресурсами басейну. 27 червня 2014 р. було завершено процес підписання Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом. Впровадження положень Директив ЄС, що увійшли до Угоди про асоціацію, зокрема і Водної рамкової директиви ЄС, вимагає продовження апроксимації (наближення) національного законодавства до законодавства Євросоюзу. Одним з перших кроків в отриманні практичного досвіду впровадження

положень Водної Рамкової Директиви ЄС (ВРД ЄС) стала розробка (за підтримки Шведського агентства міжнародного розвитку (SIDA) та Шведського агентства з охорони довкілля (SEPA) «Плану управління річковим басейном Південного Бугу», 2014 р. [18]. У "Плані..." особлива увага зосереджена на початкових етапах планування управління річковим басейном - аналізі характеристик річкового басейну з врахуванням його типології та ідентифікації водних об'єктів, встановленні референсних умов для самого Південного Бугу (як вихідного пункту для порівняння та оцінки сучасного екологічного статусу), оцінці екологічного статусу та спробах визначення основних факторів негативного впливу (тисків) на водні екосистеми. Розробка "Плану...", навіть із певними обмеженнями, дозволила досягнути значного прогресу, зокрема у визначенні екологічного статусу річкового басейну та перших важливих кроків у впровадженні складної Водної Рамкової Директиви Європейського Союзу.

Окрім низки монографічних видань, аналіз яких наведено вище, слід відзначити і основні напрями наукових статей, присвячених басейну Південного Бугу.

Передусім, зупинимось на блоці статей гідроекологічного напрямку. Початок цьому напрямку публікацій стосовно басейну Південного Бугу поклала стаття Н. Б. Закорчової «Гідроекологічні проблеми в басейні Південного Бугу», 2000 р., де зазначено, що загострення гідроекологічних проблем в басейні Південного Бугу обумовлено низкою причин, зокрема: високим ступенем освоєння земельних ресурсів, зарегульованістю річкового стоку, значними обсягами залучення водних ресурсів в господарський обіг та їх забрудненням .

Оцінку гідрологічних та гідроекологічних умов розвитку та реконструкції малих гідроелектростанцій басейну здійснено у дисертаційній роботі Т.О. Басюк [3]. Автором проаналізовано стан малої гідроенергетики, висвітлено соціально-економічні аспекти відновлення малих ГЕС, вивчено

наслідки їх впливу на навколишнє середовище, розглянуто історію освоєння гідроенергетичного потенціалу р. Південний Буг у межах Вінницької області.

Іншим напрямком досліджень річок басейну є оцінка окремих елементів їх ідрологічного режиму з метою розробки методів їх довгострокового прогнозування, оцінки впливу сучасних кліматичних змін на характеристики середнього річного, максимального та мінімального стоку, термічний та льодовий режими та ін. Передусім, слід відзначити роботи вчених Одеського державного екологічного університету Є.Д Гопченка та А.А. Станкевича [7], Ж.Р.Шакірзанової та А.О.Казакової [32], Ю.В.Божок та Н.С.Лободи [17], В.М. Хохлова та Н.С.Єрмоленка [29]. В даному напрямі проводять свої дослідження також вчені Київського національного університету імені Тараса Шевченка Е.Р. Рахматулліна, В.В. Гребінь та В.В.Жовнір [12,13,14,22, а також Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту.

2.3 Аналіз попередніх досліджень мінімального стоку

Перші узагальнення щодо мінімального стоку річок на території колишнього СРСР (разом із Україною) були виявлені наприкінці 1920-х - на початку 1930-х років минулого століття. Наприклад, Д.І. Кочерін довів, що розміри мінімальних стоків відповідають кліматичним поясам і підкоряються законам географічної зональності. Це дозволило йому побудувати першу карту мінімального стоку річок Європейської території колишнього СРСР (ЄТС) [7]. Зазначена публікація поклала початок вивченню мінімального стоку річок країни. Дослідження Кочеріна Д.І. було продовжено Сибірцевою Л.А., що у 1937 р. надала більш детальну характеристику розподілу мінімального стоку по території ЄТС [12]. Нею використано матеріали 280 пунктів спостережень по найменших та середніх місячних витратах води та проведено їх узагальнення по окремих басейнах та виділених нею районах.

Під кінець 1930-х років у працях М.Є. Шевельова було висунуто пропозицію використання кореляційних зв'язків між мінімальною

витратою, нормою стоку та площею водозбору[11]. У 1941 році В.А. Уриваєв побудував карту ізоліній найменших річкових середньодобових значень мінімального стоку для території Східноєвропейської рівнини[34]. Карту Уриваєва В.А. було доповнено Поляковим Б.В., однак обидві карти не враховували гідрогеологічні умови живлення річок та об'єднували зимові та літні максимуми. Вивченням мінімального стоку наприкінці 30-х – на початку 40-х рр. минулого сторіччя займалися Казанцев Г.В., Зайков Б.Д., Соколовський Д.Л., Антонов Н.Д. В роботах Антонов розглянув основні чинники, що впливають безпосередньо на формування мінімального стоку, та на основі фактичних спостережень, які провів по європейській території колишнього СРСР розробив емпіричні залежності для розрахунку мінімальних середньодобових модулів стоку для зимового та літнього сезонів. Аналогічно до Шевельова М.Е., він висунув ідею використовувати непрямі методи розрахунку статистичних параметрів рядів мінімального стоку, що дозволило визначати мінімальний стік з певним рівнем гарантії.

У цей період (20 - 40 рр. ХХ століття) проводилися дослідження мінімального стоку з урахуванням розподілу внутрішньорічного стоку. Для дослідження останнього виникла потреба розгляду джерел живлення річок. Одним з ключових аспектів гідрологічних розрахунків є визначення об'єму підземного живлення, оскільки це впливає на мінімальний стік, внутрішньорічний розподіл стоку та пересихання річок. У 1930-х роках сформувалися два основні підходи до кількісного визначення підземного живлення річок: гідрологічний, який базується на оцінці об'єму підземних вод без урахування гідрогеологічних особливостей басейну, та гідрогеологічний, який має на меті визначення об'єму підземного притоку шляхом аналізу гідрографії цього притоку. Представниками першого напрямку були відомі вчені такі як Глушков В.Г., Огієвський А.В., Поляков Б.В., Львович М.І. та інші. Розвиток другий напрямок отримав в роботах Боголюбова С.М. та Соколовського Д.Л. [5]. Перші дослідження підземного живлення річок України виконано наприкінці 1930-х років Маковим К.І. [24].

Наступний етап досліджень мінімального стоку (50 – 70 рр. минулого сторіччя) характеризувався вивченням генетичних особливостей які впливають на формування мінімального стоку, що сприяло зростанню точності розрахункових моделей. Комплексний підхід до вивчення генетичних особливостей утворення мінімального стоку отримав нові можливості завдяки роботам Норватова О.М. [9], який розробив нову систему районування мінімального стоку малих річок, використовуючи карту розподілу підземних вод. Ним було виділено однорідні (за гідрогеологічними умовами) райони європейської території колишнього СРСР у межах яких модуль мінімального стоку є пропорційним площі водозбору. В середині 1950-х років спробу генетичного аналізу процесу формування мінімального стоку здійснив Чеботарьов Н.П. [22]. Але запропонована ним схема визначення модулю мінімального стоку вимагала врахування значної кількості кліматичних факторів та підстильної поверхні, що знижувало її практичну цінність.

Наприкінці 60-х років минулого сторіччя Поповим Л.Н. було побудовано карти ізолій мінімального середньомісячного стоку по території колишнього СРСР в зимовий та літньо-осінній період [23]. Ці карти дозволяли визначити мінімальний середньомісячний стік річок з площами водозбору від 1000 до 75 000 км².

У 1960-х - 1970-х роках Владіміров А.М. вніс вагомий внесок у вивчення мінімального стоку. Він розробив принципи виділення межових періодів на гідрографах річок, провів районування території колишнього СРСР за умовами живлення річок у межовий період. У його дослідженнях розглянуті процеси формування стоку в період низького рівня води, класифіковані фактори, які впливають на стік, надані рекомендації з розрахунку параметрів стоку річок у межовий період навіть при відсутності гідрометричних даних. Також він запропонував метод перехідних коефіцієнтів, який дозволяє оцінити стік річки певного рівня забезпеченості, навіть якщо дані про цю річку не вивчалися раніше.[5]. Владіміровим А.М.

підготовлено низку довідників та нормативних документів стосовно мінімального стоку. Основним закономірностям формування та характеристикам мінімального стоку річок колишнього СРСР присвячено монографію Курдова О.Г., що вийшла у 1970 році [27].

У 70-х – 80-х роках минулого віку було закладено фундамент у вивчанні теорії про закономірності формування меженного стоку річок в різні сезони та в різних природних умовах, а також запропоновано методи його розрахунків при різному об'ємі та доступності гідрометеорологічної інформації. Це знайшло відображення в ряді законодавчих нормативних документів (будівельні норми).

В зазначений період внаслідок різкого зростання водоспоживання та, відповідно, скидів стічних вод гострішою стає проблема виснаження водних ресурсів та незадовільної якості води. В працях Б.В. Фащевського, Н.І. Коронкевича, Ю.М. Ємельянова, О.Г. Гриневича та ін. значна увага приділяється розробці методики та розрахунку «мінімального екологічного стоку». У працях різних авторів цю витрату води називають по-різному: «мінімально допустима», «природоохоронна», «екологічна», «лімітуюча», «екологічно достатня», «мінімально необхідна», але сутність її залишається подібною. У всіх випадках розуміють одне і те саме – ту витрату води, менше якої у водотоці настають негативні наслідки для природних умов, нормального функціонування річкового потоку, господарського використання та санітарних умов, що призводить до економічних втрат та екологічних наслідків [25].

Проблеми вивчення мінімального стоку і методів його розрахунку отримали новий розвиток в останні десятиріччя. Це пов'язано з тим, що численні дослідження [2, 33, 3] виявляють істотні зміни водності річок, переважно в маловодні сезони, і пов'язують це явище з потеплінням клімату. Так, колектив вчених ДГП під керівництвом І.О. Шикломанова на основі отриманих оцінок динаміки річного та сезонного стоку європейських річок

робить висновок, що збільшення меженного, особливо зимового, стоку є вираженою реакцією водозборів на потепління останніх років [2, 33].

В [16] було також відзначено, що масштаби змін, що відбуваються, є неординарними і не мають аналогів в ХХ сторіччі. Автори приходять до висновку щодо кліматичної зумовленості цих змін, пов'язуючи зростання меженного стоку зі збільшенням запасів підземних вод, що відбувається внаслідок збільшення приземної температури повітря та збільшення живлення підземних вод в зимовий час.

Ці висновки підтверджуються дослідженнями І.С. Зекцера [21], Р.Г. Джамалова, Н.Л. Фролової та ін. [15], що також пов'язують характерний внутрішньорічний перерозподіл стоку і збільшення меженного стоку зі збільшенням живлення підземних вод і підвищенням їх рівня. Це, в свою чергу, є наслідком збільшення частоти і тривалості відлиг і зменшення глибини промерзання ґрунтів.

Можливі наслідки які могли утворитися від кліматичних змін і мінімального стоку були предметом інтенсивних дискусій та досліджень вчених багатьох країн світу. В основному ці дослідження були сфокусовані на змінах середніх багаторічних показників мінімальних витрат води. Й.Шаак і Чанзен [8] встановили факт більшого впливу кліматичних змін на мінімальний стік в порівнянні з максимальним. До цього Х.Лібхер [13] також презентував різновиди ефекту кліматичної нестабільності, який виявляється у змінах максимального і мінімального стоку. Він предстив ілюстрації регіональних варіантів цього впливу на мінімальний стік в окремих частинах басейну річки Рейн, з використанням довгих рядів спостережень.

О. Майеракова та інші вчені [31] виявили тенденцію до зменшення мінімального річного стоку в річках Словаччини за останні десятиріччя. П. Теліс [16], аналізуючи дані з річок басейну Міссісіпі, з'ясував, що циклічна структура рядів стоку відповідає періодичності опадів, і розробив метод розрахунку параметрів мінімального стоку відповідно до кліматичних циклів.

Т. Вуд [26] висловив пропозицію інженерам-гідрологам використовувати палеогідрологічні дані для покращення точності оцінки стоку у період мінімального рівня води. Він виявив, що погода у Великобританії стає більш мінливою з тенденцією до більш посушливого літа і більш вологої осені, що в свою чергу впливає на характеристики мінімального стоку. При цьому він підкреслює, що ця тенденція спостерігалася тільки в останні десятиріччя і, ймовірно, є частиною багаторічного циклу кліматичних змін.

Н. Арнелл дослідив можливі зміни в частоті появи гідрологічних екстремумів в Європі. Він помітив, що проблематичність визначення таких змін є складною через занадто короткі ряди спостережень. Зв'язок між виявленим збільшенням кількості сухих і теплих років і зниженням мінімального стоку не є однозначним. В середині 70-х років у Європі маловоддя було дуже низьким, і тільки в Данії і на півночі Британії місцями були зафіксовані дуже низькі значення стоку у 1980-х роках. Може здатись, що зміни меженного стоку і кліматичних показників місцями узгоджені, проте було зроблено висновок, що та модель, яка покладається на історичні дані про стік, не є достатньо репрезентативною для оцінки мінімального стоку в майбутніх дослідженнях. Визначення впливу кліматичних змін на оцінку подій з довгоперіодною циклічністю є складним, тому що такі оцінки мають високу мінливість навіть в умовах стаціонарності.

Р. Уїлбі розробив модель, що пов'язує прогнози кліматичних змін, одержані за допомогою двох моделей: загальної циркуляції атмосфери і модель прогнозу гідрологічних компонентів в масштабі водозборів. Уїлбі використав у своїй роботі цілу низку кліматичних сценаріїв, і подальший їх вплив на характеристики мінімального стоку було показано на прикладі річок Великобританії.

Е. Куорнер та інші вивчили антропогенний внесок і внесок кліматичних змін в тривалість межені і дефіцит стоку в цей період, використовуючи низку фізико-математичних моделей. Було використано кілька кліматичних

сценаріїв (збільшення температури повітря на 2 і 4 градуси в поєднанні зі збільшенням або зменшенням опадів на 10%). Результати було отримано для кількох малих водозборів. Виявлено, що як тривалість маловодних періодів, так і обсяг дефіциту стоку збільшуються на більшості водозборів в результаті потепління клімату. На водозборах із посушливими умовами це збільшення істотне. Збільшення опадів мало б компенсувати ефект зростання температури повітря.

В цілому, незважаючи на очевидну важливість питання зв'язку мінімального стоку зі змінами клімату, досліджень, спеціально присвячених цьому питанню, недостатньо. На думку автора, питанням прогнозу мінімального стоку в нестационарних кліматичних умовах повинно приділятися більше уваги. Подальші дослідження повинні розвиватися в двох напрямках: як шляхом аналізу наявних історичних екстремумів, так і шляхом оцінки наслідків для стоку реалізації різних сценаріїв можливих кліматичних змін.

В даний час одним з основних завдань гідрології є розробка методів розрахунку характеристик мінімального стоку при різному обсязі вихідної інформації з урахуванням впливу кліматичних змін, що відбуваються, та зростаючого антропогенного навантаження. Рішення такого завдання має обов'язково включати в себе дослідження статистичної структури рядів з визначенням генетичної та статистичної однорідності вихідної інформації, обґрунтування вибору репрезентативності рядів для розрахунку параметрів кривих розподілу і вибір теоретичної функції розподілу.

Серйозні наукові дослідження мінімального стоку річок України розпочалися в середині 50-х років минулого століття за участю Г.О. Чіппінга та К.А. Лисенка. Вони виділили 13 районів в межах України за однорідністю гідрогеологічних умов, які впливають на формування мінімального стоку. За їхніми дослідженнями, ключовим фактором, що визначає величину мінімального стоку в рамках кожного району, є вертикальна гідродинамічна зональність підземних вод та рівень ерозійного вирізування долини річки.

Вплив інших факторів, таких як рельєф, заболоченість, лісистість та інші, на їхню думку, викликає відхилення від середніх значень по району. На основі цих досліджень було розроблено рекомендації для визначення мінімальних витрат розрахункової забезпеченості, які можна використовувати в умовах відсутності матеріалів спостережень.

Картосхеми розподілу мінімальних середньомісячних і середньодобових модулів стоку малих річок України наведено Лисенко К.А. в «Атласе природних умовий и естественных ресурсов Украинской ССР» [2]. Картосхеми побудовано за даними спостережень, що охоплюють період з 1946 по 1975 роки.

Детальні характеристики мінімального стоку річок України наведено у відповідних випусках «Ресурсів поверхневих вод», виданих протягом 1966-1971 років. Нажаль, ряди спостережень, за якими розраховувались характеристики мінімального стоку є доволі короткими (20-25 років) і охоплюють, переважно, післявоєнні роки (до 1965 року).

Районування території України за умова формування мінімального стоку наведено у роботі за ред. Стрільця Б.І. [26]. На основі аналізу даних за період 1946-1975 рр. виділено 27 районів на території України за умовами формування мінімального стоку, частина з яких поділяється на підрайони. Межі районів і підрайонів проведено за вододілами середніх і малих річок з подібними гідрогеологічними умовами живлення підземними водами. Ця схема районування є удосконаленим варіантом тієї схеми, яка була запропонована раніше К.А. Лисенко.

Районування території України за умовами формування мінімального стоку на підставі аналізу даних від початку спостережень по 1980 рік наведено у довіднику «Малі річки України» за ред. Яцика А.В., що вийшов друком у 1991 році [34]. Наведена схема районування дещо відрізняється від зазначеної вище як за кількість районів (їх виділено 26) та підрайонів так і за їх межами. При визначенні гідрогеологічних районів, автори припускали, що річки, які живляться підземними водами в межах одного району з

однаковими гідрогеологічними умовами, матимуть схожі властивості, якщо їхні долини досягають тих самих водоносних горизонтів.

Певну увагу характеристикам мінімального стоку річок країни приділено у працях Вишневського В.І. [4] та Вишневського В.І., Косовця О.О. [5], виданих на початку 2000-х років. Зокрема, автори аналізують зміни мінімального стоку річок України, які відбулися у 90-х роках минулого сторіччя під впливом кліматичних змін.

Дослідження мінімального стоку річок України проводяться в Одеському державному екологічному університеті під керівництвом проф. Н.С. Лободи, зокрема, треба відзначити такі роботи, присвячені аналізу змін мінімального стоку річок басейнів Дністра та Південного Бугу під впливом майбутніх кліматичних змін [15].

Ґрунтовний аналіз характеристик мінімального стоку річок України та їх порівняння у сучасний період з періодом до початку 90-х років минулого сторіччя наведено у монографії Гребеня В.В. [9]. Розглядаються характеристики мінімального стоку зимової та осінньої межени по окремих ландшафтно-гідрологічних провінціях. Відзначене суттєве зростання мінімального стоку в продовж останніх 20-25 років.

Останні ґрунтовні дослідження характеристик мінімального стоку річок України та її циклічних коливань, з виділенням окремих циклів та фаз у багаторічній зміні мінімального стоку, наведено у дисертаційній роботі Горбачової Л.О. [8], де проаналізовано відповідні характеристики від початку спостережень до 2010 року включно.

У 2000-х роках в Україні з'явилася низка публікацій, де розглядаються закономірності просторового та часового розподілу гідролого-гідрохімічних характеристик мінімального стоку річок. Першою з них можна відзначити дисертаційну роботу Т.В. Соловей [25], присвячену оцінці впливу гідрологічних чинників на якість води річки Прут. Розглянуто головні гідрологічні процеси і характеристики формування гідрохімічного режиму і

якості води річок басейну верхнього Пруту, виявлено закономірності залежності якості води від мінливості мінімального стоку.

У науковій монографії, редагованій В.К. Хільчевським [30], що присвячена гідролого-гідрохімічній характеристиці мінімального стоку річок басейну Дніпра, виявлено загальні тенденції у формуванні мінімальних середньомісячних та середньодобових витрат води різної забезпеченості і хімічного складу річкових вод. Виділено специфічні особливості, характерні для окремих річок басейну, обумовлені взаємодією комплексу фізико-географічних, гідрогеологічних та антропогенних чинників. Здійснено районування басейну Дніпра з урахуванням гідролого-гідрохімічних показників мінімального стоку на території України.

Просторово-часовий розподіл гідролого-гідрохімічних показників у поверхневих водах басейну р. Південний Буг наведено у колективній монографії за ред. В.К. Хільчевського [30], виданій у 2009 році. На підставі аналізу даних за 1980-2004 рр. по 14 пунктах спостережень в межах басейну авторами охарактеризованих гідрохімічний режим Південного Бугу та його приток за періоди зимової та літньо-осінньої межени.

Перші узагальнення щодо характеристик мінімального стоку річок України було зроблено майже сторіччя тому, наприкінці 1920-х років. По мірі накопичення даних спостережень та зростання тривалості рядів, проводилась обробка даних та розраховувались характеристики мінімального стоку, наведені у відповідних публікаціях. Незважаючи на наявність значної кількості досліджень, що присвячені розрахунковим характеристикам меженого стоку, в українській науковій спільноті досить мало уваги приділяється аналізу тенденцій сучасних та майбутніх змін цих показників, що можуть виникати під впливом кліматичних змін. Актуальність цього питання підкреслюється великою кількістю зарубіжних досліджень, які розглядаються в цій статті.[4].

Доволі незначною є увага в публікаціях вчених країни до характеристик якості води річок в меженний період. Особливо це стосується

періоду літньо-осінньої межени, коли на фоні малої водності річок спостерігається значне погіршення екологічної ситуації в їх руслах [4].

РОЗДІЛ 3. МІНІМАЛЬНИЙ СТІК ЛІТНЬО-ОСІННЬОЇ МЕЖЕНІ

3.1 Фактори формування меженого стоку

Мінімальний стік є однією з характеристик внутрішньорічного розподілу стоку, що має важливе практичне значення при проектуванні промислового та комунального водопостачання, оскільки мінімальні витрати водотоку лімітують не тільки розмір майбутніх підприємств або населених пунктів, но і саму можливість їх розташування в даному місці. Є галузі господарства, що не дозволяють навіть короточасних перебоїв у подачі води. Велике значення мінімальний стік має і для зрошення. Зазвичай, найбільші водозабори води на зрошення під час вегетаційного періоду припадають на період літньо-осінньої межени.

Питання охорони вод від забруднення та виснаження також не можуть вирішуватись без даних про мінімальні витрати води. Характеристики мінімального стоку є визначними при розробці заходів по впорядкуванню та охороні водних ресурсів. Вони лімітують водокористування та впливають на існування біоценозів екосистем. У промислово розвинутих районах скиди стічних вод можуть бути співставимі, або навіть перевищувати величини мінімального стоку, що може призвести до забруднення річок. Тому дані про мінімальний стік відносяться до важливих гідрологічних характеристик.

Утворення стоку залежить від різноманітних факторів, таких як кліматичні умови, географічні особливості території та людська діяльність. Ці фактори можна розділити на три групи: прямі, непрямі та умовні, які впливають на формування характеристик мінімального стоку – рис. 3.1.

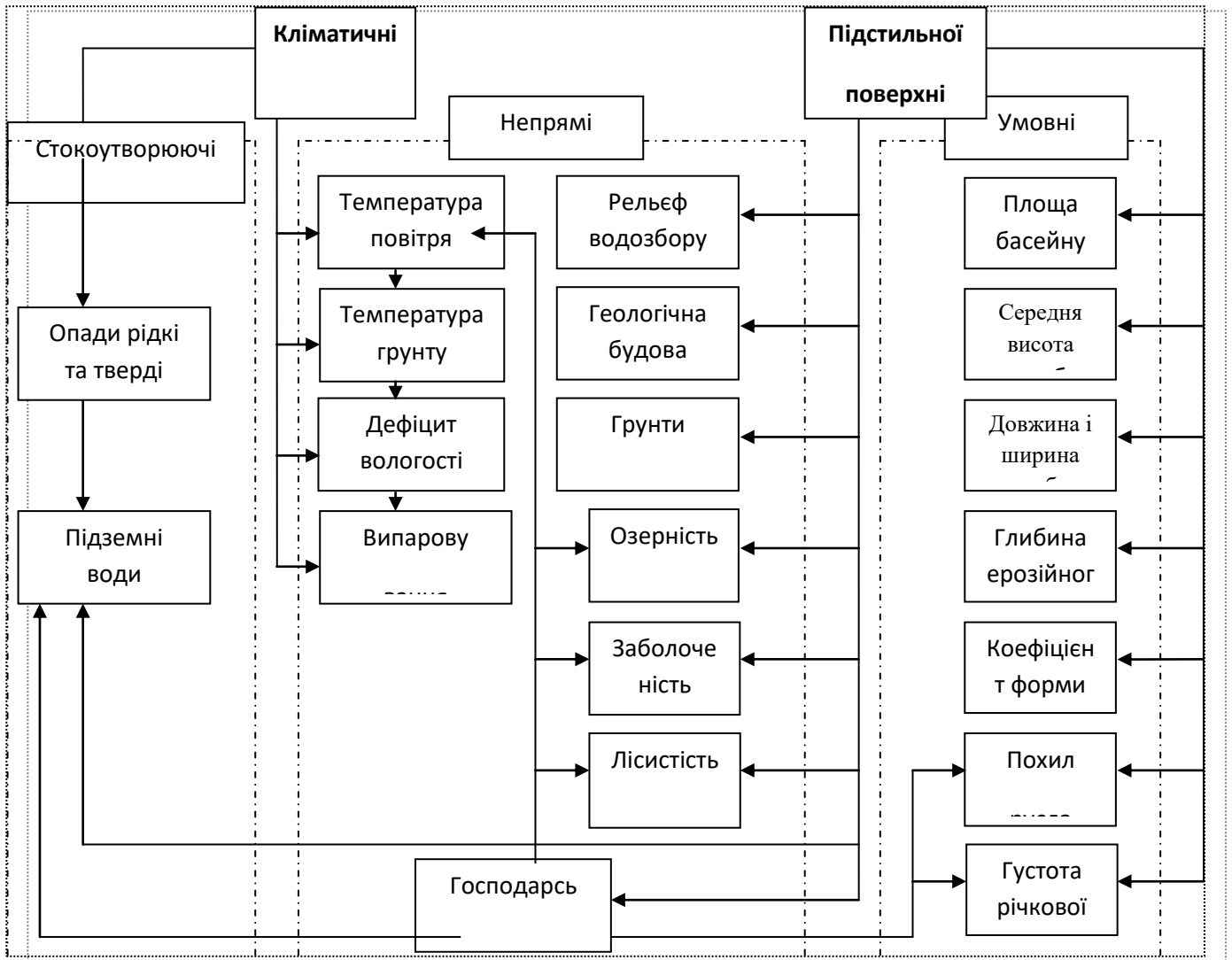


Рис. 3.1 Комплекс факторів, що впливають на формування та режим річкового стоку, за [82]

У групі факторів, які визначають формування стоку, вирішальну роль відіграють підземні води, оскільки їхній вплив на мінімальний стік є опосередкованим. Опади, проникаючи в ґрунт, живлять підземні води, через які річки отримують воду в період низького стоку. У цей час у живленні річок можуть брати участь як поточні, так і попередні місяці, сезони і навіть роки, що в основному залежить від геологічної та гідрогеологічної будови території, а також від кліматичних умов регіону. Наприклад, у формуванні стоку підзимової межі, коли опади не беруться до уваги через суворі погодні умови, підземні води, які утворилися протягом осіннього сезону, можуть живити річку тривалий період через відлигу.

Тим не менше, ступінь впливу опадів на мінімальний стік є різним в зонах з надлишковою або недостатньою вологістю через різні рівні випаровування. У цілому існує відповідність між розподілом кількості опадів по території та рівнем стоку. Регіони з більшим обсягом опадів мають вищий мінімальний стік.

Оскільки меженний стік виникає під час припинення або різкого зменшення притоку поверхневих вод, головну роль у живленні річок в цей період відіграють підземні води тимчасових та постійних водоносних горизонтів. Роль тимчасових горизонтів у формуванні меженного стоку може бути різною і залежить від кліматичних та гідрогеологічних умов. Води верхів'я формуються під час танення снігу навесні та дощів у літньо-осінній період, і навіть узимку під час відлиг та при відсутності повного замерзання ґрунту.

При дослідженні меженного стоку особливий інтерес викликають ґрунтові води, оскільки саме вони є стійкими джерелами живлення річок, регулюючи їхній режим стоку у періоди зменшення води. Ґрунтовий стік до річок залежить від кількості водоносних горизонтів, які приймають участь у живленні річок, та їхнього дебіту. В зонах з високим рівнем вологості, де ґрунтові води знаходяться близько до поверхні, живлення із зони активного водообміну забезпечує навіть невеликі річки з мілкими руслами. Таким чином, ґрунтове живлення річок у цій зоні є стабільним і забезпечує меженний стік більшості річок, включаючи дрібні. У зонах з недостатньою вологістю ґрунтові води мають малі дебіти, а основну роль у живленні річок у періоди зменшення води починають відігравати міжпластові води. Тому у цих районах розмір підземного живлення, а отже, і мінімальний стік, навіть для великих річок, більше залежить від місцевих факторів, таких як глибина русла, кількість водоносних горизонтів та геологічний склад порід.[9]. В зоні надлишкового та достатнього зволоження, де ґрунтові води залягають неглибоко від поверхні, живлення із зони активного водообміну забезпечене навіть на відносно малих річках з неглибоким врізанням русла. Тому

грунтове живлення річок цієї зони є стійким по території і забезпечує меженний стік переважної частини річок, включаючи достатньо малі. В зоні недостатнього зволоження ґрунтові води мають незначні дебіти і основну роль у живленні річок в меженні періоди починають грати міжпластові води. Тому в цих районах величина підземного живлення, отже і мінімального стоку, навіть для відносно великих річок більше залежить від місцевих факторів (глибини врізання русла, кількості водоносних горизонтів та геологічного складу порід), ніж від зональних кліматичних умов [9].

Підземні води карстових регіонів мають унікальний режим, який визначається ступенем зв'язку цих вод з поверхнею, їх водопоглинаючою здатністю та водовіддачою спроможністю порід, а також розмірами розвитку підземних порожнин і тріщин. Найбільше значення карстові води мають у періоди низького стоку у маловодні роки. Вплив карстових вод на стік річок (зазвичай невеликих) відчутний лише в деяких районах.

Велике значення для живлення річок має характер виходу підземних вод на поверхню, що залежить від умов їх розташування та розповсюдження. За умовами розташування підземні води поділяють на пластові та тріщинні. Пластові води виливаються у річки вздовж всього русла, а інтенсивність їх витікання невелика. Ці форми живлення характерні для більшості рівнинних річок. Тріщинні води утворюються у масивах магматичних порід, у сильно метаморфізованих осадових породах, де вода накопичується та стікає по тріщинах. Ці води виходять на поверхню у вигляді джерел і грають важливу роль у живленні гірських річок, а також для невеликих і, частково, середніх рівнинних річок. Концентровані виливи підземних вод найчастіше спостерігаються в карстових районах. Режим підземного живлення річок також залежить від способу гідравлічного зв'язку між водоносними горизонтами та річкою. Якщо річкові системи отримують живлення від підземних вод, то спостерігається систематичне зростання річкового стоку зі збільшенням розмірів річки (площі басейну, глибини ерозійного врізу русла).

За поповнення підземних вод за рахунок руслових запасів відбувається зниження питомої водності річки, хоча витрата води може зростати зі збільшенням площі басейну. Отже, режим підземних вод, які беруть участь у підземному живленні річки, визначається кліматичними умовами та місцевими фізико-географічними факторами, передусім геологічними та гідрогеологічними умовами, а також господарською діяльністю людини.

Гідрогеологічні умови басейну, що безпосередньо пов'язані з його геологічною будовою, характеризують здатність підземного басейну річок до накопичення та наступного використання запасів води, однак для окремих річкових басейнів важливе значення мають також озера і болота - наземні резервуари стоку.

Вплив озер на режим стіків річок оцінюється як позитивний: чим більше та більші за розмірами озера на водозборі, тим більш рівномірним є стік річок протягом року, а отже, вищий їхній мінімальний стік. Чим наближеніше озеро до замиканого створу, тим значніший його вплив. Звісно, розміри озера важливі. Озера можуть зменшувати мінімальний стік, якщо вони знаходяться в зоні недостатнього зволоження на плоскій малорозчленованій місцевості та не мають зв'язку з річковою системою. Оскільки 97% усіх озер України - це малі водойми (з площею до 1 км²), їх вплив на мінімальний стік доцільно розглядати як загальний озерний фон басейну, тоді як великі озера потребують окремого вивчення. Отже, при оцінці впливу озер на формування мінімального стіку слід враховувати морфологічні та кліматичні особливості районів дослідження, проводити розрізнення озер за площею та їх розташуванням на водозборі.

Вплив заболоченості на мінімальний стік виявляється у зниженні значень меженого стоку водозборів, які заболочені, в порівнянні з сусідніми не заболоченими територіями. Особливо це стосується зон з недостатнім зволоженням, де болота (так само як і озера) можуть зменшувати межений стік через вище випаровування з їхньої поверхні в порівнянні з випаровуванням з суші.

Оцінка впливу лісів на мінімальний стік є завданням зі складною структурою. Відомо, що ліс сприяє перенесенню поверхневого стоку у підземні води, тим самим збільшуючи обсяг річкового стіку, особливо у періоди, коли річки живляться, головним чином, підземними водами. Відповідно до проведених досліджень [9], частка меженного стіку у річках від річного рівня змінюється залежно від віку лісових масивів. На ділянках лісу віком до 80 років цей показник складає близько 35%, тоді як у лісах старше 100 років він збільшується до 60%. Зменшення лісового масиву призводить до зменшення мінімального стоку до 15% на середніх річках і до 35% - на малих річках у лісовій зоні. Найбільший вплив лісу на мінімальний стік спостерігається в лісостеповій зоні через відмінності у процесах інфільтрації води в ґрунтах [9].

Вплив господарської діяльності на мінімальний стік річок може бути настільки значним, що призводить до значних змін у режимі мінімального стоку. Він може проявлятися в різноманітних формах. Внаслідок виливу шахтних або кар'єрних вод з глибоких підземних горизонтів, які не беруть участь у живленні річок, мінімальний стік може суттєво зростати. Значні зміни стоку відбуваються при перекиданні (перерозподілі) води з однієї річкової системи в іншу. Зрошення великих територій призводить до зниження мінімального стоку у першій половині літнього сезону, що зазвичай обумовлюється зростанням наприкінці літа та восени, коли зменшується, а потім припиняється забір води з річок для зрошення, а починається притік дренажних вод зі зрошувальних систем до річкової мережі. Кількісна оцінка впливу зрошення на межений стік річок залежить від точності розрахунку кількості зворотних вод, що надходять до річок внаслідок зрошення.

Під час проведення осушувальних заходів у басейні річки спостерігається протилежна динаміка. Внаслідок висушування болотного масиву середній показник мінімального стоку з нього збільшується в 2-4 рази порівняно з неосушеним болотом [9].

Значний вплив на меженний стік має створення в руслах та на водозбірниках річок водосховищ і ставків. В певному відношенні цей вплив залежить від призначення штучної водойми. Створення водосховищ для ГЕС призводить до збільшення меженного стіку за рахунок випусків з водосховища під час роботи ГЕС. Вплив ставків визначається їхнім облаштуванням та призначенням. Непроточні ставки, що створюються переважно на малих річках та в верхів'ях улоговин та балок, перехоплюють практично весь стік в межах. Проточні пропускають частину стоку, але в період маловоддя можуть утримувати весь стік [9].

Оцінка кількісного впливу господарської діяльності, зокрема, їхніх видів, на меженний стік є досить складною, що пояснюється не лише відсутністю необхідних даних, але й наявністю значної кількості антропогенних факторів, що мають різний вплив на стік.

3.2 Характеристика літньо-осінньої межени на річках басейну

Для річок рівнинної частини України характерною фазою внутрішньорічного розподілу стоку є літньо-осіння межень (коли відбувається виснаження запасів підземних вод), що порушується окремими підйомами, викликаними дощовими паводками. В басейні Південного Бугу літньо-осіння межень починається в основному в травні, або в кінці квітня, на окремих річках басейну межень починається в червні (р. Гірський Тікич, р. Чорний Ташлик), що зумовлено значною зарегульованістю цих приток Південного Бугу.

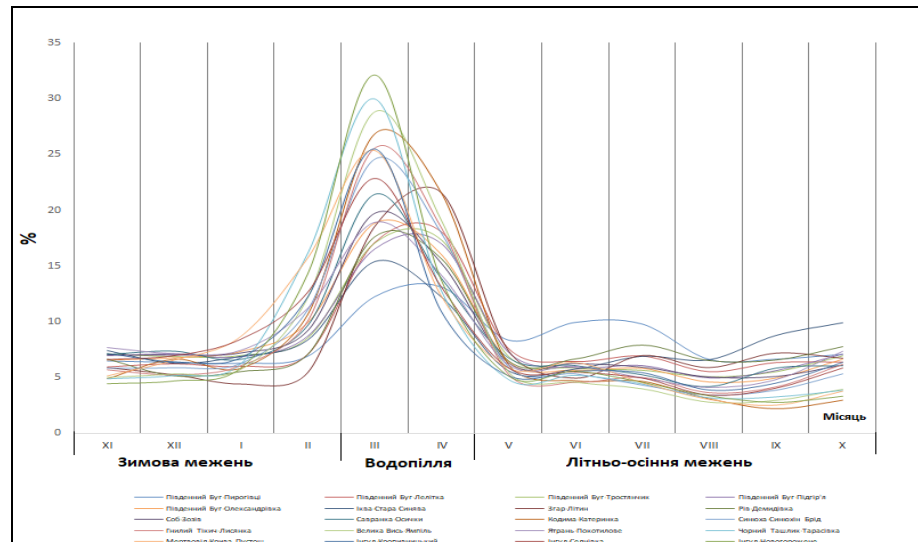


Рис. 3.2 Внутрішньорічний розподіл стоку (в %) річок басейну Південного Бугу за багаторічний період

Закінчення літньо-осінньої межені на всій території басейну припадає на листопад місяць. На окремих річках межень закінчується в жовтні. Середній багаторічний шар стоку періоду літньо-осінньої межені в басейні Південного Бугу дорівнює 10-20 мм, а в південній частині басейну зменшується до 2-0 мм. Величини мінімальних модулів стоку у верхів'ї р. Південний Буг та його лівих приток змінюються в межах 0,1-0,35 л/с км², та зменшуються до нуля на річках басейну в межах Причорноморської низовини. Строкатість та розподіл величин модулів мінімального стоку являється наслідком різних гідрогеологічних умов і впливу господарської діяльності.

Величина мінімального стоку і тривалість періоду, коли він може спостерігатися на річці, є однією з основних характеристик водності, знання якої необхідно при проектуванні об'єктів водопостачання, зрошення, енергетики.

3.3 Динаміка багаторічних коливань стоку літньо-осіннього періоду

Аналіз кліматичних факторів формування стоку річок басейну Південного Бугу, виконаний у роботах В.Жовнір, свідчить, що температура

повітря періоду літньо-осінньої межени (V-X місяці) у межах басейну в останні десятиліття (з 1998 р.) має тенденцію до зростання (рис.3.3).

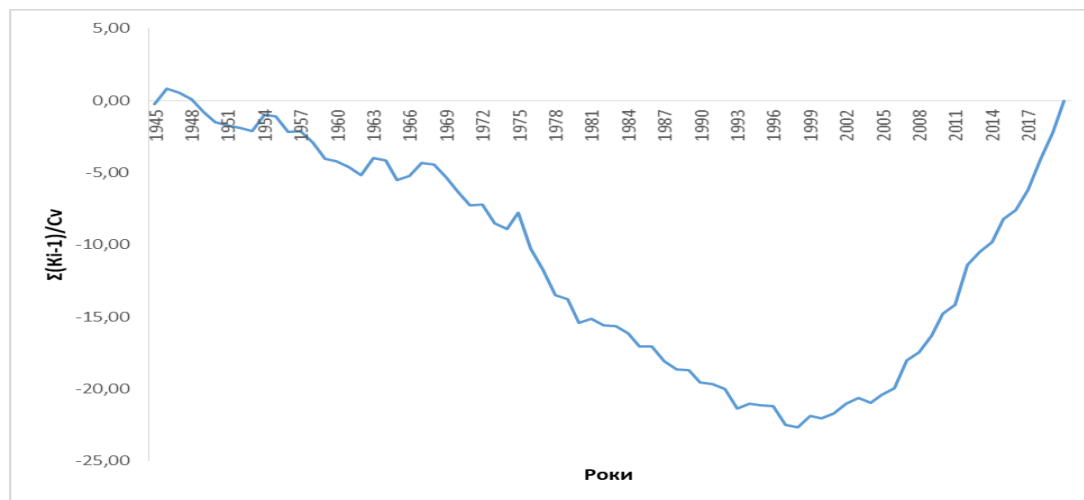


Рис.3.3 Осереднена за даними метеостанцій басейну Південного Бугу різницева інтегральна крива багаторічних коливань середньої температури повітря за період літньо-осінньої межени (V-X місяці)

«Посушлива» фаза з 2011-2012 рр. спостерігається і у багаторічних коливаннях суми атмосферних опадів теплого періоду року.

Зменшення кількості опадів та зростання температури повітря (що обумовлює збільшення величини випаровування) призвели до зменшення величини стоку як літньо-осіннього періоду в цілому, мінімальних 30-ти добових витрат води періоду літньо-осінньої межени та мінімальних добових витрат цієї фази водного режиму річок басейну (рис. 3.4-3.6). Становлення останніх зазвичай спостерігається, наприкінці літньо-осінньої межени (вересень-жовтень) коли відбувається природне виснаження вологозапасів в межах басейну [9].

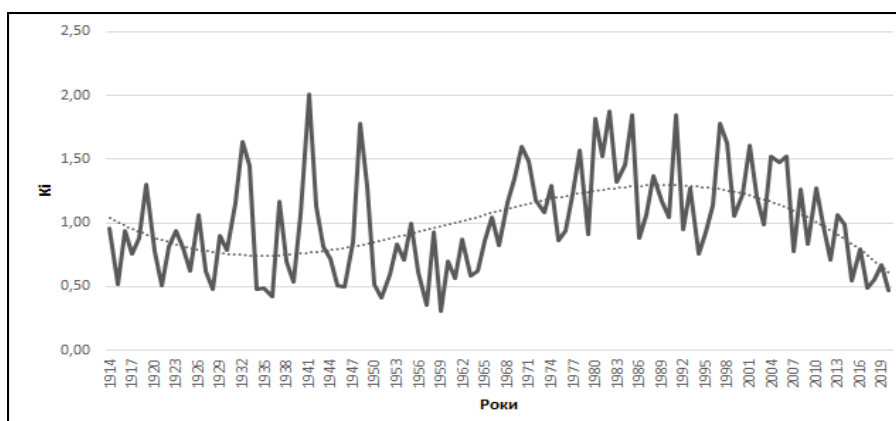


Рис.3.4 Осереднений для річок басейну Південного Бугу хронологічний графік та лінія тренду коливань середніх за період літньо-осінньої межні витрат води

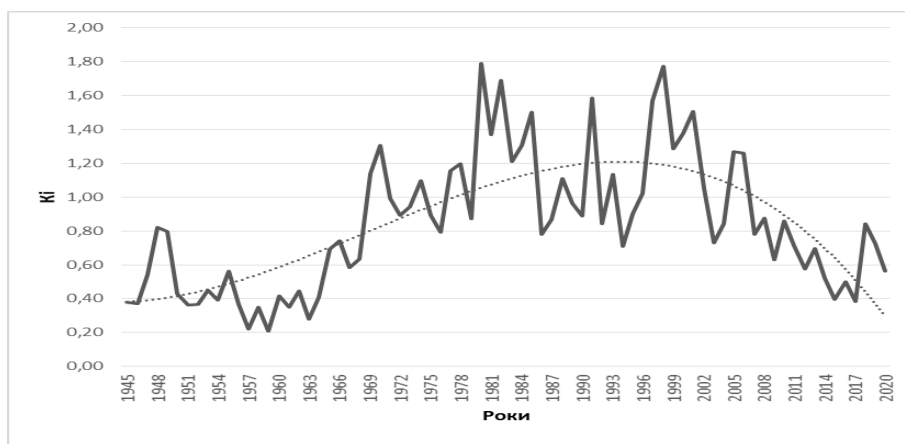


Рис.3.5 Осереднений для річок басейну Південного Бугу хронологічний графік та лінія тренду коливань 30-ти добових витрат води періоду літньо-осінньої межні

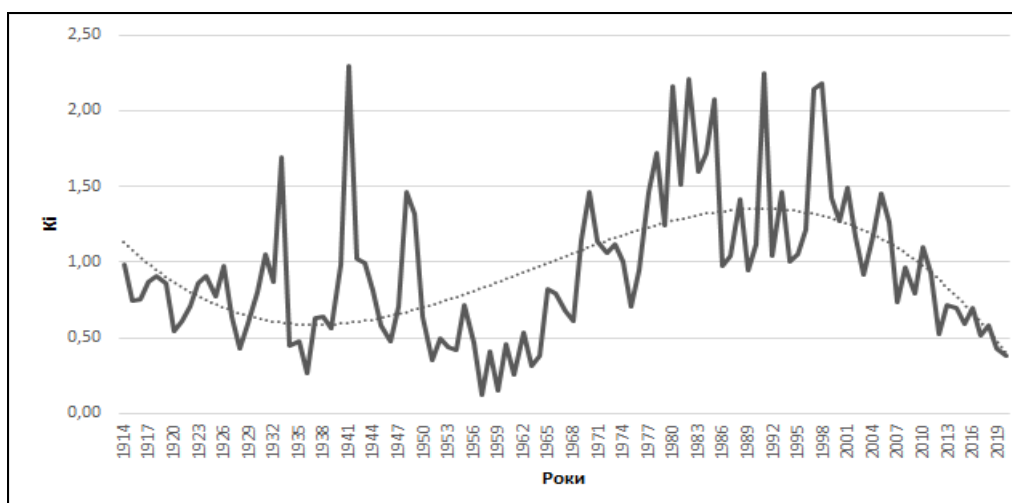


Рис.3.6 Осереднений для річок басейну Південного Бугу хронологічний графік та лінія тренду коливань мінімальних добових за період літньо-осінньої межні витрат води

На жаль, хронологічний графік та лінія тренду не дають можливості чіткого визначення меж окремих періодів у коливаннях зазначених характеристик. Для цього нами використано метод різницевого інтегральних кривих.

Приклад застосування різницевих інтегральних кривих для аналізу коливань середніх та мінімальних добових за період літньо-осінньої межени витрат води річок басейну Південного Бугу наведено на рис. 3.7 та р. 3.8.

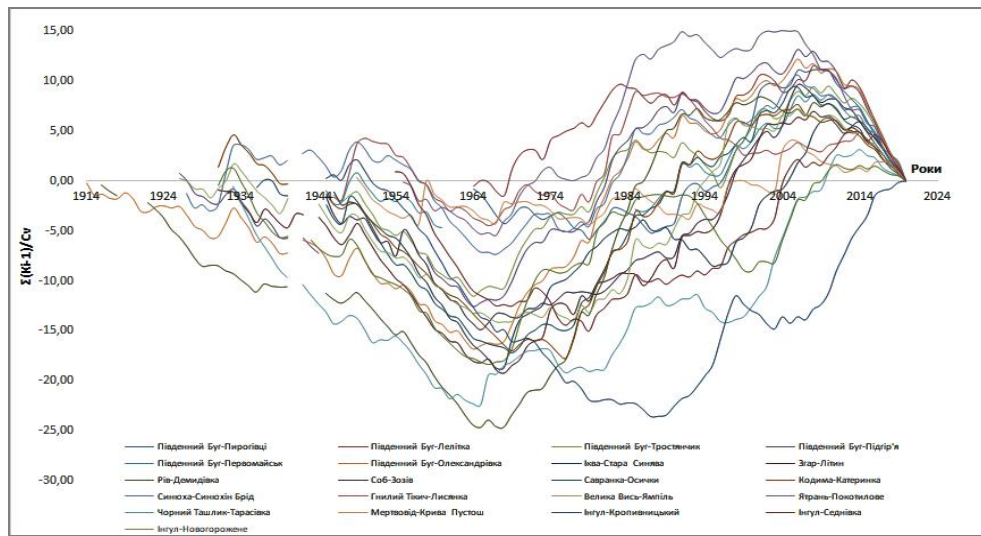


Рис. 3.7 Різницеві інтегральні криві багаторічних коливань середніх за період літньо-осінньої межени витрат води річок басейну Південного Бугу

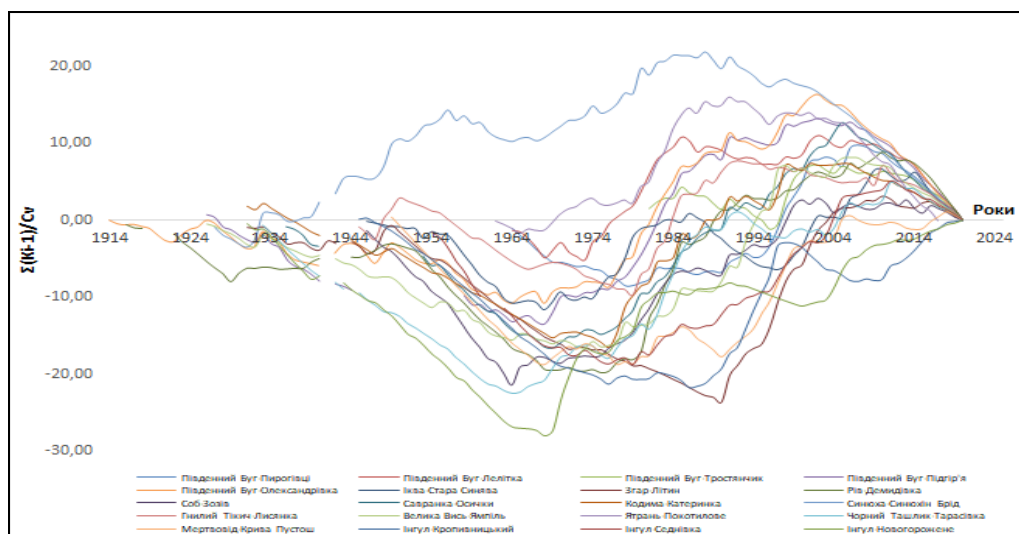


Рис. 3.8 Різницеві інтегральні криві багаторічних коливань мінімальних добових за період літньо-осінньої межени витрат води річок басейну Південного Бугу

Аналіз графіка свідчить про наявність синхронності та синфазності у коливаннях по окремих річках басейну, що дає підставу зробити осереднення модульних величин стоку та привести їх до однієї кривої для кращого візуального сприйняття. Приклад таких кривих наведено на рис. 3.9-3.11.

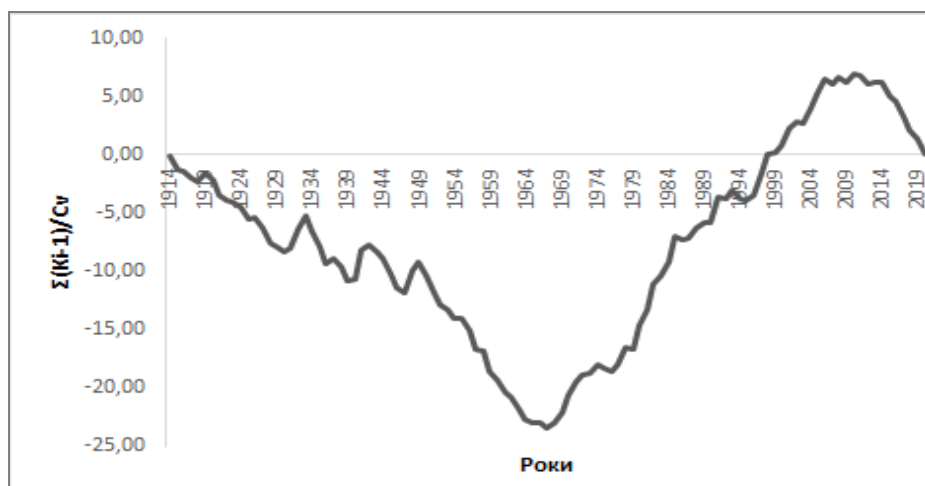


Рис. 3.9 Осереднена за даними гідрологічних постів басейну Південного Бугу різницева інтегральна крива багаторічних коливань середніх витрат води за період літньо-осінньої межени

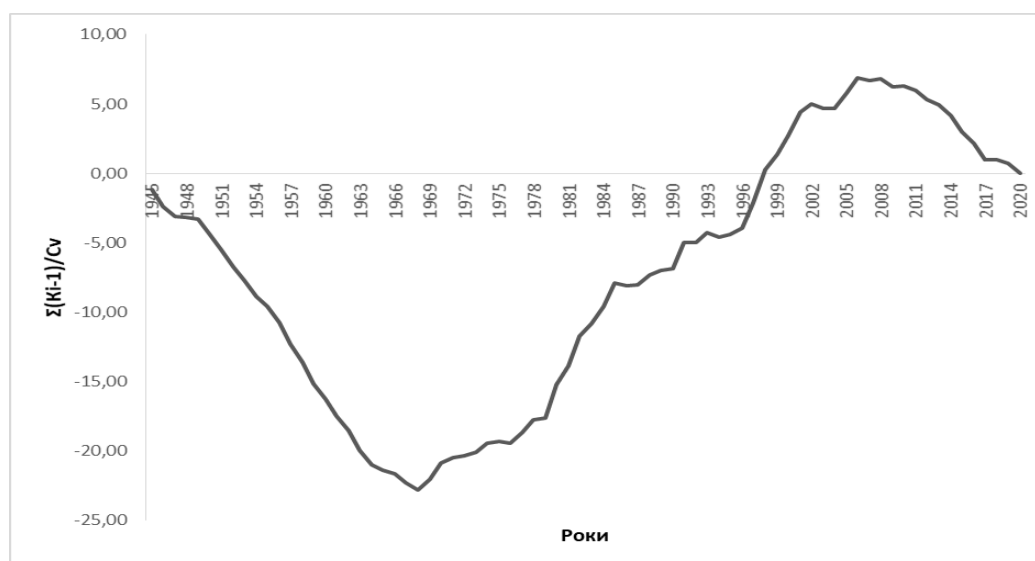


Рис. 3.10 Осереднена за даними гідрологічних постів басейну Південного Бугу різницева інтегральна крива багаторічних коливань 30-ти добових витрат води за період літньо-осінньої межени

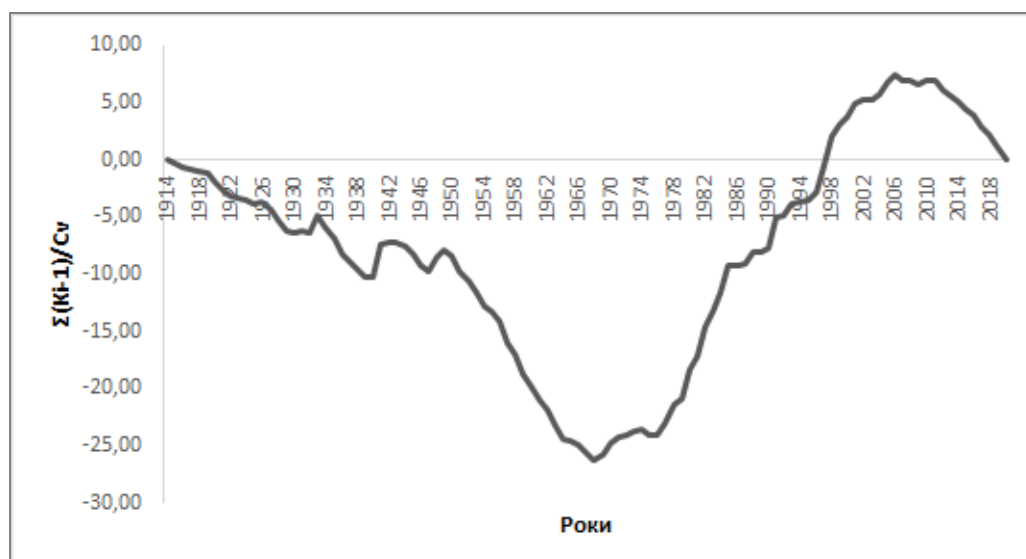


Рис. 3.11 Осереднена за даними гідрологічних постів басейну Південного Бугу різницева інтегральна крива багаторічних коливань мінімальних добових витрат води за період літньо-осінньої межені

Аналіз наведених графіків дає змогу чітко виділити 2011-2012 рр. як початок сучасної маловодної фази у багаторічних коливаннях стоку літньо-осінньої межені на річках басейну Південного Бугу.

Значення модульних коефіцієнтів, наведені у таблицях 3.1 та 3.2 підтверджують коливання багаторічних значень витрат води за теплий період.

Таблиця 3.1 Значення модульних коефіцієнтів стоку води за теплий період року (V-X місяці) для характерних періодів водності річок басейну Південного Бугу

№	Річка	Пост	Характерні періоди, роки		
			1914-1967	1968 -2011	2012-2020
1	Південний Буг	с. Пирогівці	0,51	1,17	0,39
2	Південний Буг	с. Лелітка	0,89	1,11	0,52
3	Південний Буг	с. Тростянчик	0,83	1,21	0,57
4	Південний Буг	с. Підгір'я	0,82	1,22	0,49
5	Південний Буг	м. Первомайськ	0,88	1,20	0,62
6	Південний	сmt Олександрівка	0,87	1,26	0,50

	Буг				
7	Іква	смт Стара Синява	0,64	1,23	0,74
8	Згар	смт Літин	0,64	1,39	0,54
9	Рів	с. Демидівка	0,67	1,44	0,52
10	Соб	с. Зозів	0,71	1,24	0,55
11	Савранка	с. Осички	0,67	1,31	0,54
12	Кодима	с. Катеринка	0,59	1,43	0,41
13	Синюха	Синюхін Брід	0,92	1,15	0,61
14	Гнилий Тікич	смт Лисянка	0,89	1,11	0,75
15	Велика Вись	с. Ямпіль	0,81	1,24	0,64
16	Ятрань	с. Покотилове	0,85	1,13	0,58
17	Чорний Ташлик	с. Тарасівка	0,70	1,26	0,85
18	Мертвовід	с. Крива Пустош	0,85	1,09	0,89
19	Інгул	м. Кропивницький	0,60	1,09	1,61
20	Інгул	с. Седнівка	0,66	1,14	0,86
21	Інгул	с. Новогорожене	0,71	1,25	0,89
	Середнє по басейну:		0,75	1,22	0,67

На гідрологічному посту Інгул – Кропивницький спостерігається збільшення витрат води у теплий період до сьогодні, що є винятком серед інших річок басейну Південного Бугу.

Таблиця 3.2 Значення модульних коефіцієнтів мінімальних витрат води періоду відкритого русла для характерних періодів водності річок басейну Південного Бугу

№	Річка	Пост	Характерні періоди, роки		
			1914-1967	1968 -2011	2012-2020
1	Південний Буг	с. Пирогівці	0,25	1,21	0,32
2	Південний Буг	с. Лелітка	0,48	1,16	0,44
3	Південний Буг	с. Тростяничик		1,16	0,46
4	Південний Буг	с. Підгір'я	0,74	1,29	0,41
5	Південний Буг	смт Олександрівка	0,91	1,24	0,41
6	Іква	смт Стара Синява	0,77	1,17	0,70
7	Згар	смт Літин	0,56	1,43	0,66
8	Рів	с. Демидівка	0,71	1,43	0,35
9	Соб	с. Зозів	0,47	1,30	0,84
10	Савранка	с. Осички	0,40	1,43	0,26
11	Кодима	с. Катеринка	0,35	1,68	0,13
12	Синюха	Синюхін Брід	1,19	0,97	0,30

13	Гнилий Тікич	смт Лисянка	0,73	1,28	0,31
14	Велика Вись	с. Ямпіль	0,75	1,34	0,49
15	Ятрань	с. Покотилове	0,83	1,18	0,21
16	Чорний Ташлик	с. Тарасівка	0,45	1,51	0,53
17	Мертвовід	с. Крива Пустош	0,13	1,37	1,03
18	Інгул	м. Кропивницький	0,35	1,22	1,60
19	Інгул	с. Седнівка	0,33	1,24	0,71
20	Інгул	с. Новогорожене	0,34	1,47	1,27
	Середнє по басейну:		0,57	1,30	0,57

Багаторічний хід мінімальних витрат води повторює закономірності багаторічних коливань за теплий період витрат води.

На річках басейну спостерігається фаза зменшення мінімальних витрат води з 2011 роки. Винятком є рр. Інгул та Мертвовід, де спостерігається підвищення мінімальних витрат води впродовж останнього періоду, обумовлене скидами стічних вод вище місць розташування постів.

ВИСНОВКИ

1. Оцінено природні умови та господарський вплив на процеси формування мінімального стоку річок басейну Південного Бугу. Верхня частина басейну Південного Бугу розміщена на Волино-Подільській височині, середня його частина знаходиться в межах Придніпровської височини, нижня течія належить до Причорноморської низовини.

Ґрунти в верхній частині басейну представлені світло-сірими суглинками. Центральну частину басейну вкривають малогумусні та опідзолені чорноземи. В пониззі Південного Бугу вони переходять в чорноземи слабо солонцюваті та каштанові ґрунти.

У верхів'ї та середній частині басейну клімат помірно-континентальний. Клімат південних районів знаходиться під впливом Чорного моря і в нижній течії річки повільно переходить у посушливий. Середня річна температура повітря змінюється від 7,1 до 10,0°C. Річна норма опадів у верхній та середній частинах басейну становить від 669 до 550 мм, поступово зменшуючись із півночі на південь.

Басейн Південного Бугу є одним із потужних аграрних регіонів України з високим рівнем промислового виробництва. Переважна його частина перебуває під впливом сільськогосподарського виробництва. Сільськогосподарські угіддя в загальній площі басейну становлять 81%. Розораність території складає переважно 57 %, а в окремих басейнах малих річок досягає 80%.

Характерною особливістю басейну Південного Бугу, що виділяє його з поміж інших великих річок є дуже велика його зарегульованість. В басейні створено понад 10 тисяч штучних водойм, сумарний їх об'єм є близьким до 1,5 км³, що практично дорівнює стоку в маловодний рік 95% забезпеченості.

2. Величина мінімального стоку і тривалість періоду, коли він може спостерігатися на річці, є однією з основних характеристик водності, знання якої необхідно при проектуванні об'єктів водопостачання, зрошення, енергетики.

В басейні Південного Бугу літньо-осіння межень починається в основному в травні, або в кінці квітня, на окремих річках басейну межень починається в червні (р. Гірський Тікич, р. Чорний Ташлик), що зумовлено значною зарегульованістю цих приток Південного Бугу. Закінчення літньо-осінньої межені на всій території басейну припадає на жовтень місяць. Середній багаторічний шар стоку періоду літньо-осінньої межені в басейні Південного Бугу дорівнює 10-20 мм, а в південній частині басейну зменшується до 2-0 мм.

3. Аналіз кліматичних факторів формування стоку річок басейну Південного Бугу свідчить, що температура повітря періоду літньо-осінньої межені (V-X місяці) у межах басейну в останні десятиліття (з 1998 р.) має тенденцію до зростання. «Посушлива» фаза з 2011-2012 рр. спостерігається і у багаторічних коливаннях суми атмосферних опадів теплого періоду року.

Зменшення кількості опадів та зростання температури повітря (що обумовлює збільшення величини випаровування) призвели до зменшення величини стоку як літньо-осіннього періоду в цілому, мінімальних 30-ти добових витрат води періоду літньо-осінньої межені та мінімальних добових витрат цієї фази водного режиму річок басейну. Формування останніх спостерігається, зазвичай, наприкінці літньо-осінньої межені (вересень-жовтень) коли відбувається природне виснаження вологозапасів в межах басейну.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. План управління річковим басейном Південного Бугу: аналіз стану та першочергові заходи / [під заг. ред. С. Афанасьєва, А. Петерс, В. Сташука і О. Ярошевича]. – К. : НВП «Інтерсервіс», 2014. – 188 с. 27
2. Атлас природных условий и естественных ресурсов Украинской ССР. М.: ГУГК, 1978. 183 с.
3. Басюк Т. О. Оцінка гідрологічних і гідроекологічних умов розвитку та реконструкції малих гідроелектростанцій (на прикладі р. Південний Буг) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 11.00.07 / Т. О. Басюк ; Київський нац. ун-т імені Тараса Шевченка. – К., 2013. - 20 с
4. Вишневський В.І. Річки і водойми України. Стан і використання. К.: Віпол, 2000. 376 с.
5. Вишневський В.І., Косовець О.О. Гідрологічні характеристики річок України. К.: Ніка-центр, 2003. 324 с.
6. Вишневський В.І. Гідрологічні характеристики річок України / В.І. Вишневський, О.О. Косовець. – К. : Ніка-Центр, 2003. – 324 с.
7. Гопченко Є. Д. Максимальний стік весняного водопілля в басейні р. Південний Буг / Є.Д. Гопченко, А.А. Станкевич // Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2014. – Вип.18. – С.127-134.
8. Горбачова Л.О. Гідролого-генетичний аналіз просторово-часових закономірностей водного стоку річок України: методологія, тенденції, прогноз: автореф. дис ... докт. геогр. наук: 11.00.07 / Людмила Олександрівна Горбачова. Київ, 2017. 40 с.
9. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). К.: Ніка-Центр, 2010. 316 с.
10. Гребінь В.В. Багаторічна динаміка температури води річок басейну Південного Бугу в умовах змін клімату / В.В. Гребінь, В.В. Жовнір // Сучасні проблеми розвитку географічної науки і світи в Україні: матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції, (Київ, 26-28 листопада 2015

р.) / Київський національний університет імені Тараса Шевченка. – К.: Обрії, 2015. – с. 16-17.

11. Екологічний атлас басейну річки Південний Буг. / Басейнове управління водними ресурсами річки Південний Буг. Чорноморська програма «Ветландс Інтернешнл». – Вінниця : Гуренко А.В., 2009. – 20 с. (14)

12. Жовнір В.В. Аналітичний огляд досліджень мінімального стоку води / В.В. Жовнір, В.В. Гребінь // V-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology – 2015), 23-26 вересня, 2015. Збірник наукових праць. – Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. – с. 68.

13. Жовнір В.В. Оцінка багаторічних коливань температури води та повітря басейну р. Південний Буг як прояв кліматичних змін / В.В. Жовнір, В.В. Гребінь // V-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecology – 2015), 23-26 вересня, 2015. Збірник наукових праць. – Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. – с. 68.

14. Жовнір В.В. Оцінка однорідності характеристик термічного режиму води і температури повітря в межах басейну Південного Бугу / Жовнір В.В., Гребінь В.В., Рахматулліна Е.Р. // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.2(37). – С.86-94.

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

16. Манукало В. О. Мережа гідрологічних спостережень у басейні річки Південний Буг: історія розвитку, сучасний стан та можливості / В. О. Манукало // Наук. праці УкрНДГМІ. - 2012. - Вип. 263. - С. 165-181.

17. Маринич О.М. Фізична географія України / О.М. Маринич, П.Г. Шищенко. – К. : Знання, 2006. – 511 с. (22)

18. Маштаков П.Л. Список рек бассейнов Днестра и Буга (Южного). С картой и алфавитным указателем / П.Л. Маштаков. – Петроград, 1917. – 112 с.

19. Оппоков Е. В. Водные богатства Украины / Е. В. Оппоков. – Харьков: Гос. изд-во Украины, 1925, – 160 с.

20. Паламарчук М. М. Водний фонд України: довідковий посібник / М. М. Паламарчук, Н. Б. Закорчевна. – К. : Ніка-Центр, 2006. – 320 с.
21. Попов В. П. Режим реки Ю.Буга и возможность использования его энергии / В.П. Попов. – Винница, 1924. – 76 с.
22. Рахматулліна Е.Р. Гідрологічний режим річок басейну Південного Бугу в зимовий період в умовах змін клімату: автореф. дис. ... к-та геогр. наук: 11.00.07 / Рахматулліна Е.Р. ; Київський національний університет імені Тараса Шевченка. – Київ, 2015. – 20 с.
23. Рахматулліна Е.Р. Оцінка сучасного льодового режиму басейну річки Південний Буг / Е.Р. Рахматулліна, В.В. Гребінь // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т.3(20). – С.89-95.
24. Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т.6 : Украина и Молдавия. Вып. 1 : Западная Украина и Молдавия. – Л.: Гидрометиздат, 1964. – 884 с.
25. Соловей Т.В. Характеристика мінімального стоку річок басейну Прута. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: тези доп. II Всеукр. наук. конф. .К.: Ніка-Центр, 2003. С. 76-77.
26. Справочник по водным ресурсам / Под ред. Б.И. Стрельца. К.: Урожай, 1987. 304 с.
27. Сташук В. А. Еколого-економічні основи басейнового управління водними ресурсами / В. А. Сташук. – Дніпропетровськ : Зоря, 2006. – 480 с.
28. Струтинська В.М. Термічний та льодовий режим річок басейну Дніпра з другої половини ХХ століття / В.М. Струтинська, В. В. Гребінь. – К.: Ніка-Центр, 2010. – 196 с.
29. Хохлов В. М. Про зв'язок середнього річного стоку р. Південний Буг з посухами в період 1951 – 2010 рр. / В. М. Хохлов, Н. С. Єрмоленко // Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2013. – Вип. 16. – С.51-59.

30. Водні ресурси та якість річкових вод басейну Південного Бугу / Хільчевський В.К., Чунар'ов О.В., Ромась М.І. та ін.; [за ред.В.К. Хільчевського]. – К. : Ніка-Центр, 2009. – 184 с. (6)
31. Чіппінг Г.О., Лисенко К.А. Річний та мінімальний стік на території України.К.: Вид-во АН УРС, 1959. 164 с.
32. Шакірманова Ж.Р. Гідрометеорологічні чинники і характеристики весняних водопіль в басейні р. Південний Буг в сучасних кліматичних умовах / Ж.Р. Шакірманова, А.О. Казакова // Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2015. – Вип. 19. – С.100-106.
33. Малі річки України. Довідник / За ред. А.В. Яцика. К.: Урожай, 1991. 296 с.
34. Водне господарство в Україні / За ред. А. В. Яцика, В. М. Хорєва. – К.: Генеза, 2000. – 456 с.