

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут
Кафедра гідрології суші

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: Методика просторового прогнозування меженного стоку річок в басейні
р. Південний Буг

Виконала студентка групи ГО-41
спеціальності 103 Науки про Землю
Блага Анастасія Олександрівна

Керівник д-р геогр. наук, проф.
Шакірзанова Жаннетта Рашидівна

Консультант _____

Рецензент д-р геогр. наук, проф.
Хохлов Валерій Миколайович

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Гідрометеорологічний інститут
Кафедра Гідрології суші
Рівень вищої освіти бакалавр
Спеціальність 103 «Науки про Землю»
(шифр і назва)
Освітня програма Гідрометеорологія
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри гідрології суші

Шакірманова Ж.Р.

“ 05 ” травня 2021 року

З А В Д А Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

студенту(ці) Блазі Анастасії Олександрівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Методика просторового прогнозування меженного стоку річок в басейні р. Південний Буг

керівник роботи Шакірманова Жаннетта Рашидівна, д-р геогр. наук, проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ОДЕКУ від “18” грудня 2020 року №254 «С»

2. Строк подання студентом роботи 31.05.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи мінімальні середні та 30-ти добові витрати води за період відкритого русла та за зимовий період, щоденні та середньо-декадні витрати води по річках басейну Південний Буг від 1980 по 2015 рік, включно; основні гідрографічні характеристики досліджуваних водозборів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз та умови формування меженного стоку річок в басейні р. Південний Буг.

2. Основні науково-методичні підходи до прогнозування меженного стоку рівнинних річок.

3. Розробка методики короткострокових прогнозів літньо-осіннього і зимового меженного стоку річок в басейні р. Південний Буг та її оцінка

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Карто-схеми: географічного положення річок в басейні р. Південний Буг, ґрунтово-рослинний покрив, розташування гідрологічних постів;

Графіки: комплексні гідрометеорологічних характеристик, хронологічні для мінімальних витрат води; різницевої інтегральних кривих. Регіональні залежності для короткострокових прогнозів середньодекадних модулів стоку.

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		вдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 05.05.2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Вступ. Аналіз та умови формування меженного стоку річок в басейні р. Південний Буг. Коротка кліматична характеристика.	05.05 – 10.05. 2021	90	ВІДМ
2	Характеристика водного режиму річок в басейні р.Південний Буг. Дослідження часових рядів меженного стоку (за літо і за зиму)	11.05-15.05.2021	93	ВІДМ
	Рубіжна атестація	11.05-15.05.2021		
3	Методи прогнозу літнього та осіннього стоку рівнинних річок з урахуванням залежності його від руслових запасів води (попередньої витрати води) і опадів	17.05-120.05.2021	93	ВІДМ
4	Побудова та аналіз прогнозних залежностей меженного стоку річок басейну р. Південний Буг	21.05-24.05.2021	92	ВІДМ
5	Оцінка методики короткострокових прогнозів меженного стоку річок. Схема випуску прогнозу	25.05-31.05.2021	90	ВІДМ
	Перевірка роботи на плагіат	01.06-02.06.2021		
	Підготовка доповіді, презентації	01.06-14.06.2021		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		92	ВІДМ

Студент _____
(підпис)

Блага А.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Шакірманова Ж.Р.
(прізвище та ініціали)

Зміст

	Стор.
Вступ.....	6
1 Фізико-географічні умови формування меженного стоку річок в басейні р. Південний Буг.....	8
1.1 Географічне положення і рельєф.....	8
1.2 Ґрунти і рослинний покрив.....	10
1.3 Кліматичні умови, які визначають характер меженного стоку річок.....	14
1.4 Гідрографія і гідрометеорологічна вивченість басейну річки.....	19
1.5 Водний режим стоку	24
1.5.1 Характеристика водного режиму річок території.....	24
1.5.2 Дослідження часових рядів меженного стоку.....	27
2 Методи прогнозу літнього та осіннього стоку рівнинних річок з урахуванням залежності його від опадів.....	30
2.1 Фізична основа прогноза	30
2.2 Дослідження часових рядів меженного стоку.....	31
2.3 Теоретичні основи прогнозів прогнозів.....	32
2.4 Про територіальні прогнози літнього та осіннього стоку	34
2.5 Деякі зональні особливості процесів формування дощового стоку.....	35
3 Розробка методики прогнозів меженного стоку літньо-осіннього періоду річок басейну Південного Бугу.....	37
3.1 Побудова та аналіз прогнозних залежностей меженного стоку річок р. Південний Буг - с.Тростяничок.....	37
3.2 Методика просторового прогнозування меженного стоку річок в басейні р. Південний Буг.....	41

3.3 Оцінка методики короткострокових прогнозів	44
меженного стоку річок.....	
3.4 Схема випуску прогнозу меженного стоку річок.....	47
Висновки.....	48
Список літератури.....	50

Вступ

Водний режим річок визначається кліматичними, гідрогеологічними, орографічними і гідрографічними особливостями територій і характеризуються достатньо вираженим весняним водопіллям та літньо-осінньо-зимовою меженню, яку порушують дощові паводки та відлиги.

Антропогенний вплив на режим річкового стоку пов'язаний з будівництвом водосховищ і ставків, осушенням боліт і заболоченням територій, агро-лісотехнічними заходами на водозборах річок. Крім цього, на режим стоку впливають господарські заходи, що проводяться безпосередньо у руслах річок (промислові, побутово-комунальні потреби та ін.). Такі заходи змінюють фактори формування та розподілу стоку річок протягом року і у багаторічному періоді.

Об'єктом дослідження є стік літнього та осіннього меженного періоду гідрологічних постів басейну р. Південного Бугу.

Предмет дослідження – прогнозування стокових характеристик меженного стоку річок басейну Південного Бугу в літній та осінній періоди.

Мета роботи полягає в аналізі умов формування стоку меженного періоду в басейні р.Південний Буг та розробка методики просторового прогнозування меженного стоку річок в басейні р. Південний Буг та оцінка її ефективності (при використанні даних Державного кадастру та автоматизованого комплексу АРМ-гідро).

Методи дослідження. При виконанні роботи використовуються методи статистичного аналізу, географічного узагальнення і статистичних оцінок прогностичних методик.

Вихідні дані. В роботі використано багаторічні щоденні та середньо декадні витрати гідрологічного посту р. Південний Буг с. Тростянич, р. Південний Буг с.Підгір'є, р. Синява с.Синюхін Брод, р. Ров с.Демидівка, р. Велика Вись с. Ямпіль, р. Ятрань с. Покотилове.

Новизна дослідження полягає у виявленні закономірностей меженного стоку на річці, розробка методики прогнозу меженного стоку в літній та осінній періоди для гідрологічного постів, який знаходяться на території р.Південний Буг, з використанням даних за сучасні роки (включно по 2015 р.).

Очікувані результати. Адаптована методика прогнозування стокових характеристик періоду літньої та осінньої межени для сучасних умов формування річкового стоку, оцінка методики і складання практичних рекомендації її ефективного використання для річки Південний Буг.

Практична значимість роботи полягає у можливості використання методики просторового прогнозування середньодекадних витрат води періоду літньої та осінньої межени для басейну р. Південний Буг, включаючи ті, на яких спостереження за стоком відсутні.

Апробація роботи. Результати роботи автора були представлені на наукових студентських семінарах кафедри гідрології суші «Актуальні проблеми гідрології» та студентській науковій конференції ОДЕКУ.

Робота відповідає напряму наукового дослідження кафедри гідрології суші «Регіональні наукові дослідження в області гідрологічних розрахунків і прогнозів водного режиму річок і водойм України» № ДР 0118u001221 (2018-2022 рр.), III етап «Просторо-часовий аналіз гідрометеорологічної і гідрохімічної інформації по окремих регіонах України», 2020 р., у розд. 5.6 «Створення регіональної бази вихідної гідрологічної інформації періоду меженного стоку річок в басейні р. Південний Буг» та НДР №189 «Комплексний метод ймовірносно-прогностичного моделювання екстремальних гідрологічних явищ на річках Півдня України для забезпечення сталого водокористування в умовах кліматичних змін», № ДР 0121U010964 (термін виконання: 03.2021- 12.2022) в розділі «Збір даних та їх узагальнення в методі прогнозів декадного меженного стоку річок» (I етап, 2021 р.).

1 Коротка фізико-географічна характеристика басейну річки Південний Буг

1.1 Географічне положення й рельєф

Басейн річки Південний Буг знаходиться на території України. Річка бере свій початок з боліт Кам'янець-Подільської області і, протікаючи з півночі на південь, несе свої води в Дніпро-Бугській лиман. Басейн Південного Бугу розташований у межах південно-західної частини Російської платформи й частково, Карпатських гірських споруджень. На платформі вона присвячена до західної частини Українського кристалічного щита, Волино-Подільській і Молдавській плитам [1]. Географічне положення р. Південний Буг показано рис. 1.1 [2].

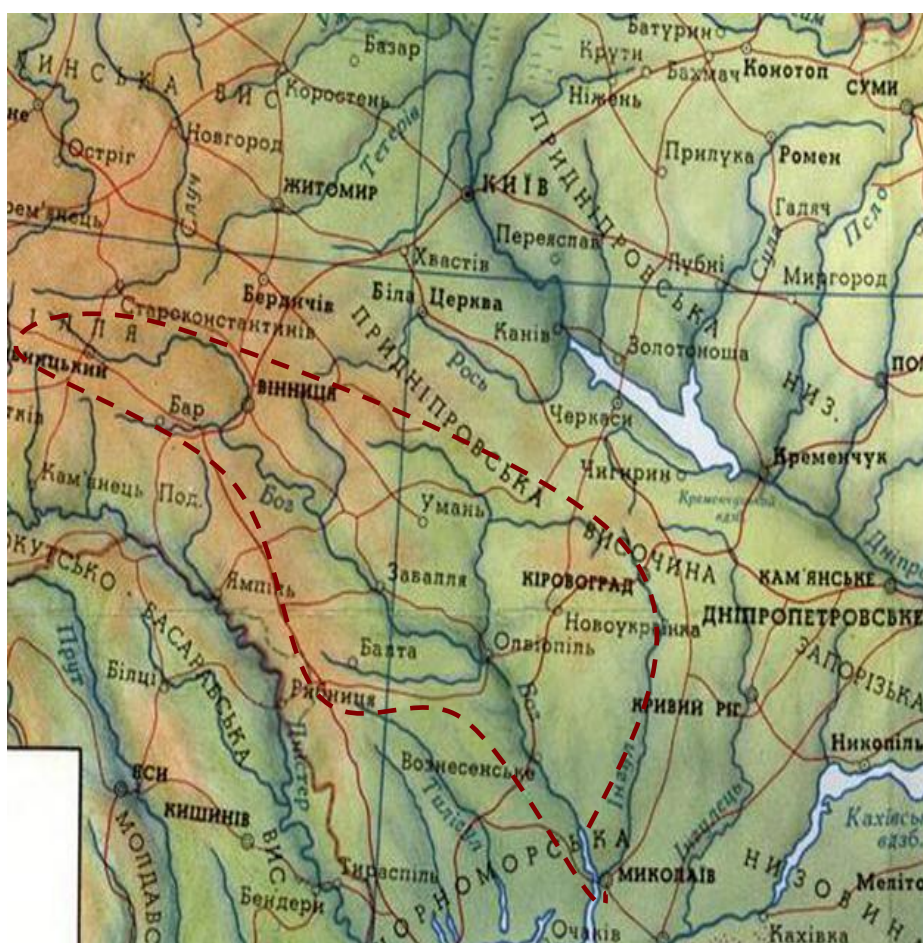


Рис.1.1 – Географічне положення р. Південний Буг [2]

Найбільш древніми утвореннями (у долинах Південного Бугу вище Вознесенська) є породи докембрійського віку. До складу докембрійських порід Українського кристалічного щита входять різноманітні метаморфічні й вулканогенні утворення - гнейси, піщаники, кварцити, сланці, граніти, чарконіти, та ін.); їхні виходи в дні й на схилах річкових долин супроводжуються наявністю порогів і каньоновидних долин [1].

У басейні Південного Бугу, у межах Українського кристалічного щита, значно поширені відкладення полтавської звиті - піски з лінзами й прослоями глин, що залягають на глауконітових пісках харківського ярусу або більше древніх відкладеннях.

На Волино-Подільській плиті в підґрунті нижнесарматських відкладень залягають піски із прослоями піщаників і вапняків, які в південному напрямку переходять у вапняки. Піски перекриваються глинисто-мергельно-трепеловою товщею із прослоями бентонітових глин. Середньосарматські відкладення відомі тільки в східній частині плити й представлені переважно вапняками.

У межах Молдавської плити нижнесарматські відкладення мають вапняний характер.

Річка Південний Буг протікає в межах різних тектонічних регіонів: Волино-Подільської плити, Українського кристалічного щита й Причорноморської западини. Волино-подільській ділянці відповідає вогнута частина профілю з максимумом вогнутості у гирлі р. П'явської (рис. 1.1). На ділянці профілю, що відповідає Українському кристалічному щиту, виділяються наступні деформації: Суловцовська, Вінницька, Собська, Гайворонська й Первомайська. Ці деформації присвячені до підняття поверхні кристалічних порід. Виразність у формі профілю розламів у тілі щита вказує на тектонічну активність цих розламів. До деформацій присвячені звуження заплавної тераси й зменшення потужності алювію; район Вінницької деформації характеризується сучасними підняттями зі швидкістю 0,5-1,1 мм/рік.

Характеристика природних умов формування меженного стоку надано за літературними джерелами [1, 3-5].

1.2 Характеристика ґрунтів і рослинності

Ґрунтовий покрив

До ґрунтоутворюючих порід лісостепової зони в межах даного басейну відносяться четвертинні відкладення й вихідні на поверхню продукти вивітрювання крейдових мергелів, третинних вапняків, піщаників, третинні піски й щільні балтські глини, а також продукти вивітрювання магматичних порід у межах поширення Українського кристалічного щита [1] (рис.1.2).

Із четвертинних відкладень найпоширеніші льоси й льоссовидні породи різного генезису, механічного складу й різного рівня карбонатності.

Льоси залягають двома-трьома ярусами на водно-льодовикових і льосових рівнинах єдиним ярусом незначної потужності, а іноді й зовсім відсутні на ерозійно-денудаційних рівнинах. По механічному складу вони, переважно, пильнувато-легкосуглинні, пильнувато-середньо- і важкосуглинні й навіть легкі глини.

Із четвертинних відкладень у якості ґрунтоутворюючих порід поширені також делювіальні й алювіальні відкладення. Делювіальні відкладення є пануючими по долинах балок і в підніжжях схилів до річкових долин. Алювіальні відкладення поширені у заплавах й у перших надзаплавних терасах, де вони часто мають легкий (піщаний, супіщаний) механічний склад, особливо на Українському кристалічному щиті. Тут зустрічаються алювіальні гравелісті суглинки, що підстилаються щебністим алювієм ґрунтів.

У долинах Південного Бугу ґрунти формуються на сучасному й древнім алювіальному відкладеннях пістрявого механічного складу. Серед древніх відкладень переважають піски й супесі. Сучасний алювій переважно

суглинний. У заплавах Південного Бугу значне поширення мають піщані й супіщані алювіальні відкладення.

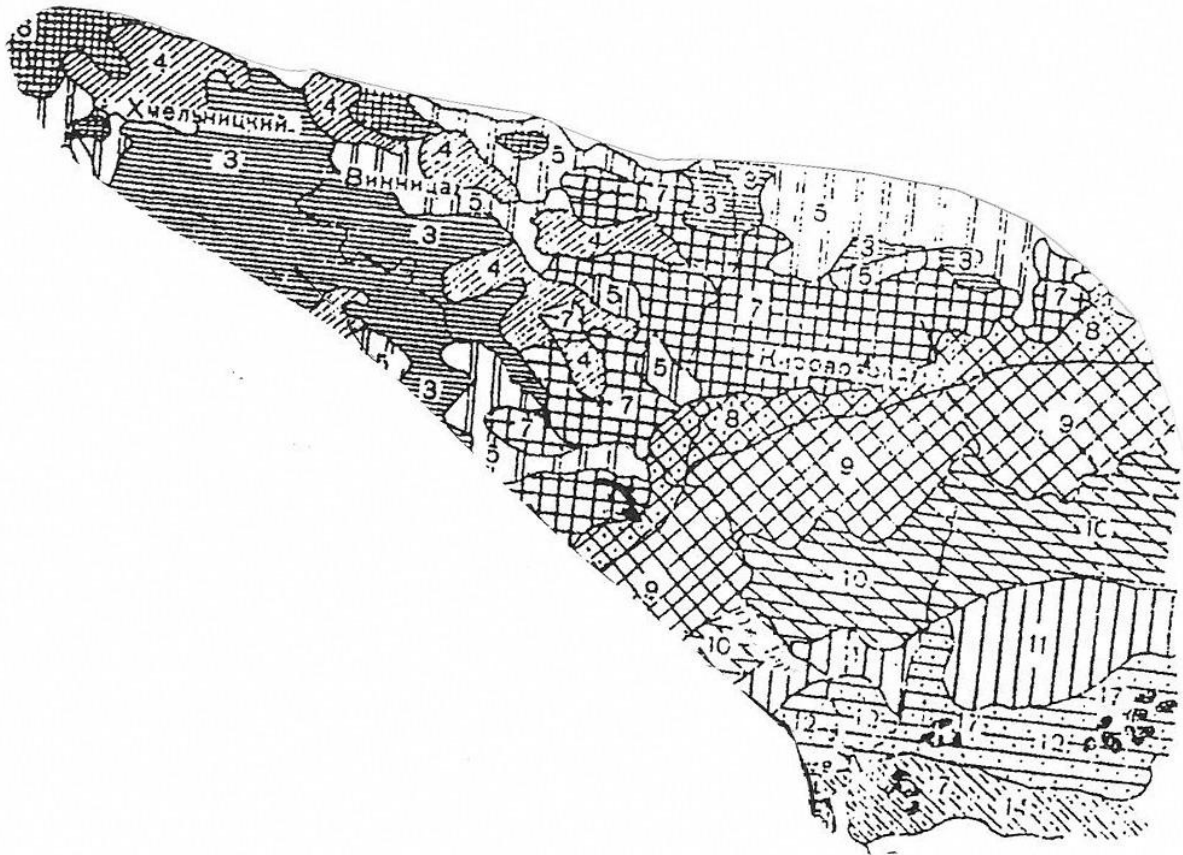


Рис.1.2 – Схематична карта ґрунтового покриття басейну р.Південний Буг [1]

Типи ґрунтів :

3 – світло – сірі і сірі суглинністі

4 – темно – сірі суглинністі

5 – чорноземи опідзолені суглинністі

7 – чорноземи середньогумусні і важкосуглинністі

8 – чорноземи звичайні середньогумусні

9 – чорноземи звичайні легкосуглинністі

10 – чорноземи звичайні малогумусові важко- і легкоглиністі

11 – чорноземи звичайні малопотужні

12 – чорноземи південні

Пануючими ґрунтами в південних районах басейну річки (лісостепова зона) є чорноземи.

Карбонатність ґрунтоутворюючих порід в умовах не промивного водного режиму обумовили високу насиченість чорноземів кальцієм, а також нейтральну або слабокислу реакцію ґрунтового розчину.

Неоднорідність зонально - кліматичних, а також провінційних і місцевих топографічних умов чорноземної зони обумовила підтипові й видові різниці чорноземних ґрунтів [1].

Рослинність

У межах лісостепової зони перебуває більша частина басейну Південного Бугу. По геоботанічному районуванню ця територія включає наступні округи: Дністровско- Бугський (із дубовими лісами й луговими степами південного варіанта), Правобережно-південно-західний (з дубовими й грабово-дубовими лісами, лугові степи представлені південним варіантом), Центральнo-Подільський (із грабово-дубовими й дубовими лісами, степові ділянки майже не збереглися), Правобережно-Центральний (із дубовими й грабовими лісами й луговими степами), Правобережно-північно-західний (із грабово-дубовими й дубовими лісами, остепненими лугами й луговими степами) (рис. 1.3.).

Територія характеризується сильною розчленованістю (глибока врізаність древніх ерозійних форм), поширенням крутосхильних поверхонь, перевагою великих площ зернових і просапних культур, стрімким таненням снігів і частих злив. Біля 60-70 % всієї площі округів задіяна процесами площинного змиву. Природна рослинність займає тільки 12 % всієї площі. З них 11% доводиться на ліси, близько 1 % - на луги й 0,5 % - на болота. Степи збереглися тільки на дуже незначних, непридатних для землеробства ділянках [1].

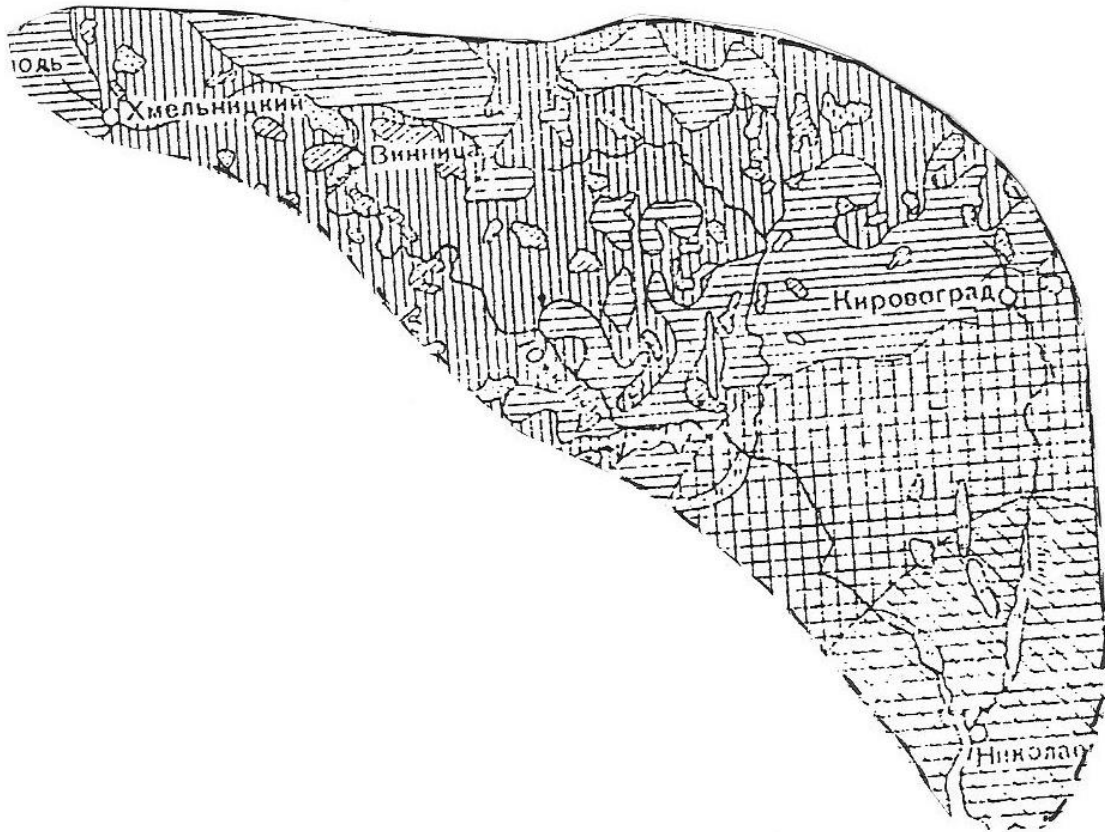

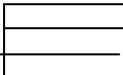
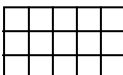



Рис.1.3 – Схематична карта рослинного покриву басейна р.Південний Буг [1]

Ландшафтна зона або тип рослинного покриву.

	Широколисті ліси
	Лугові степи
	Букові ліси
	Типчаково – ковильні степи

Найпоширенішими (з лісової рослинності) є дубові ліси. Грабово-дубові ліси поширені переважно в північних округах і становлять близько 30 % всіх лісів. Вони займають вододіли й більш пологі, чим діброви, схили із світло-сірими ґрунтами. У травостої різних асоціацій переважають осока

волосиста, зеленчук жовтий, снить звичайна, маренка запашна, зведчатка ланцетолиста та ін.

Дубові ліси із Дністровско-Бугського округу становлять близько 15 % всіх лісів. Відносяться ці ліси до південних схилів і вододілів.

Луги на досліджуємі території збереглися тільки в заплавах Південного Бугу, де вони займають близько 30 % площі. Представлені вони, в основному, справжніми й болотистими лугами. Справжні луги становлять близько 60 % всіх лугових масивів. Найбільші їхні площі зосереджені в заплавах середньої течії річки. Найпоширенішими серед них є формації овсяниці лугової, лисохвосту лугового й мяглика лугового.

Болотисті луги становлять близько 30% всіх лугових масивів. Вони більш характерні для заплав верхньої течії річки. Утворюють їх, в основному, формації осоки стрункої й лепешняка.

1.3 Коротка кліматична характеристика

Температура повітря

Кліматична характеристика району надана за [1, 6], а також за довідковими виданнями [7-10].

Територія описуваного району є дуже складною в кліматичному відношенні місцевістю.

Термічний режим залежить від радіаційних чинників і властивостей повітряних потоків, які надходять на дану територію. Суттєву роль відіграє підстильна поверхня, рослинний і сніговий покрив.

У холодний період року суттєву роль відіграють циркуляційні процеси. В результаті циркуляції відбувається часта зміна повітряних мас, унаслідок чого температура холодного сезону відрізняється великою нестійкістю. Описувана територія підлегла дії теплих повітряних мас, які надходять з Середземного моря, а також частим входженням повітря з Атлантичного

океану. Тому для зимового сезону характерні похмура погода, тумани і відлиги, при яких добова температура підвищується до 5 °С і вище.

Середні місячні температури повітря в зимовий період (з грудня по лютий) змінюються в межах від (-3.4 °С) - (-6.6 °С) у північно-східній частині басейну Південного Бугу до (-2.4 °С) - (-4.8 °С) - у південній, з найнижчими температурами повітря в січні (табл.1.1).

У літній період циклонічна діяльність загасає, температура стає більш стійкою. Головну роль відіграє місцева трансформація повітряних мас.

Найбільш теплим місяцем є липень із середньою місячною температурою повітря 18.7-21.4 °С в басейні р. Південний Буг (табл.1.1).

Таблиця 1.1 – Середня місячна та річна температури повітря (°С)

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
м/с Вінниця												
-6.6	-5.3	-0.5	6.9	13.9	16.7	18.7	17.8	12.9	7.5	1.3	-3.4	6.7
м/с Первомайськ												
-4.8	-3.9	0.9	8.9	15.4	19.0	21.4	20.6	15.6	9.2	2.6	-2.4	8.5

При переході температури повітря через 0°С навесні починається сніготанення. Дати початку сніготанення припадають у середньому на 1-2 декади лютого, а закінчення - на 1 декаду березня, при середній тривалості сніготанення близько 20-30 діб (табл.1.2).

Таблиця 1.2 – Дати початку і закінчення сніготанення

Станція	Дати початку сніготанення			Дати закінчення сніготанення			Середня тривалість сніготанення, діб
Вінниця	7.02	10.01	13.03	8.03	13.02	8.04	29
Первомайськ	14.02	25.01	14.03	8.03	17.02	21.04	22

Глибина промерзання ґрунту визначається, головним чином, тривалістю морозного періоду і мінімальними негативними значеннями температур. Поряд із цим й інші чинники, які діють у комплексі, також

мають суттєвий вплив. До них відносяться висота і тривалість залягання снігового покриву, характер покриття місцевості снігом.

На описуваній території промерзання ґрунту можливе в листопаді і на деяких станціях може досягати 5-8 см. Проте на більшості станцій промерзання ґрунту починається в грудні (табл.1.3). У січні і лютому середня глибина промерзання ґрунту по всій території досягає найбільших значень. У березні промерзання ґрунту можливе лише в окремі роки і відзначається повсюдно менше, ніж у 50% зим.

Таблиця 1.3 – Глибина промерзання ґрунту (см) на ділянках з озимими

Станція	XI	XII	I	II	III	Із максимальних за зиму		
						Середня	Мінімальна	Максимальна
Вінниця	.	25	39	49	.	56	30	90
Первомайськ	.	18	26	27	.	40	20	80

Найбільші з максимальних глибин промерзання ґрунту коливаються від 60 до 100 см.

Відтанення ґрунту частіше усього починається в березні, після сходу снігового покриву. Іноді в теплі зими ґрунт відтає під сніговим покривом. Відтанення ґрунту на всю глибину промерзлого шару характеризується датою повного танення. По наявних даних для переважної частини території середні терміни повного відтанення ґрунту відносяться до третьої декади березня (табл.1.4).

Таблиця 1.4 – Дати повного відтанення ґрунту

Станція	Дати повного відтанення ґрунту		
	Середня	рання	пізня
Вінниця	1.04	28.02	17.04
Первомайськ	23.03	22.02	15.04

Опади

Територія, що досліджується, характеризується недостатнім зволоженням. Атмосферні опади відрізняються значною мінливістю по роках. Їхні річні суми коливаються від 540 мм на півдні до 654 мм на півночі (табл. 1.5.). Найбільша кількість опадів доводиться на червень і липень, коли середньомісячні значення опадів досягають 91 мм (станція Хмельницький АМСГ), найменше - у лютому, де середньомісячні значення досягали, у середньому, 34 мм [10].

В окремі періоди можуть спостерігатися посухи.

Таблиця 1.5 – Середня кількість опадів з поправками по показникам опадоміру

Станція	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	рік
Хмельницький АМСГ	41	41	38	47	56	77	91	71	56	50	49	37	654
Первомайськ	43	44	35	41	56	61	49	46	36	38	44	47	540

Сніговий покрив

Сніговий покрив у межах досліджуваної території характеризується значною нестійкістю. Середнє число днів зі сніжним покривом (ст. Хмельницький АМСГ) становить 82 дня [2]. Середня дата появи стійкого сніжного покриву - 27.12, руйнування - 6.03.

Максимальні снігозапаси (S_m), а також дати їхньої появи змінюються із року в рік у широких межах. Самі ранні строки настання S_m відносять до третьої декади січня (а іноді й раніше) – першій декаді лютого, найбільш пізні – до другої-третьої декади березня [2].

Значення S_m змінюються від 60 до 65 мм у північній частині басейну Південного Бугу, до 35-40 мм – у південній його частині.

В окремі зими сніжний покрив практично відсутній.

Вітер

Вітровий режим описуваної території визначається умовами загальної циркуляції атмосфери й особливостями рельєфу [6]. Напрямок вітру відбиває циркуляцію на північній і східній периферії відрога високого тиску, тому в районі Волино-Подільського плато вітер має північно-західний напрямок. У східній частині басейну річки Південний Буг переважає північний та північно-східний напрямок вітру. Середньорічні швидкості вітру коливаються від 3,5-4 м/сек (табл. 1.6.). Великі швидкості вітру найбільш часто мають місце в березні, коли навіть його середньомісячна величина майже повсюдно перевищує 3,0 м/с.

У басейні Південного Бугу протягом теплого періоду нерідкі суховії

Таблиця 1.6 – Середня місячна та річна швидкості повітря (м/с)

Станція	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	рік
Хмельницький АМСГ	4,6	4,8	4,5	3,9	3,7	3,4	2,8	2,8	3,1	3,3	4,5	4,3	3,8
Первомайськ	4,3	4,9	4,8	4,5	4,2	3,7	3,4	3,2	3,2	3,5	4,2	4,3	4,0

1.4 Гідрографія і гідрометеорологічна вивченість району

Гідрографічна характеристика району

Природні умови - у першу чергу клімат, рельєф, геологічна будова і гідрогеологічні особливості обумовили основні риси гідрографічної мережі території басейну Південного Бугу.

Досліджувана річка несе свої води в Бугський лиман і, далі, у Чорне море [1].

Головні притоки зліва: Бужок, Соб, Иква, Десна, Синиця, Синюха й ін.; з права - Згар, Ров, Савранка, Кодима.

Густота річкової мережі в середньому становить 0,4-0,5 км/км². Добре розвинена річкова мережа на Волино-Подільській височині; густота її дорівнює 0,7-0,8 км/км² (з урахуванням рік довжиною менш 10км) і 0,3 км/км² (без них). На Придніпровській височині вона становить 0,3-0,5 і 0,15-0,20 км/км² відповідно.

Завдяки розмаїттю порід, що складають плато, у басейнах річок середньої течії Південного Бугу, долини або вузькі (0,2-0,8 км) V-Образні, або широкі (2,5-5 км) трапеційдальні, а там, де кристалічні породи покриті незначною товщею четвертинних відкладень (або виходять на поверхню), долини утворюють ущелини. Русла річок звилісті, мало розгалужені, шириною від 10-30 до 50-90 м. Ухили річок невеликі (0,3-1,7 %). Швидкості течії дорівнюють близько 0,2-0,5 м/с. У місцях перетинання кристалічних порід утворюються пороги, де швидкості досягають 2-5 м/с. Дно рівне, піщане й мулистопіщане, заросле водоростями. Береги круті й обривисті висотою від 0,2-2 до 3-4 м, місцями зливаються із схилами долин.

Великих природних озер мало, здебільшого вони розташовані в заплавах річки. Деякі із заплавних озер поступово висихають, перетворюючись у невеликі болота. Значна кількість озер - стариць знаходиться в плавнях Південного Бугу в нижній течії.

Велике поширення мають штучні озера-водоймища і ставки.

Загальний для території району коефіцієнт озерності не перевищує 0,1%. Район мало заболочений, однак територія біля пгт Літин на річці Згар характеризується заболоченістю в 11 %. Площа, яку займає ліс становить від 1 (р. Бужок - с. Меджибож) до 19 % (р. Кодима - с. Обжила) (табл. 1.7).

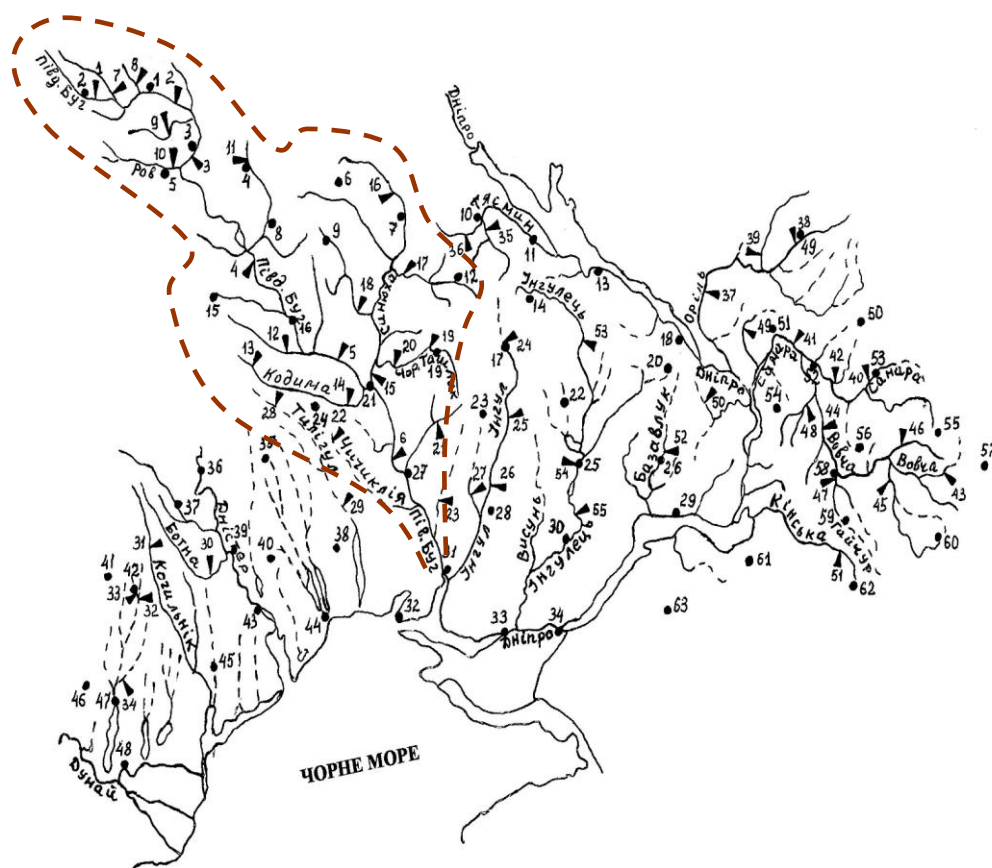
Води Південного Бугу використовуються для зрошення. На річці побудовані гідроелектростанції. Річка судноплавна вище і нижче Вінниці.

Таблиця 1.7 – Основні гідрографічні характеристики водозбору р. Південний Буг

№	Річка - пункт спостережень	відстань, км		Уклон річки, ‰		Площа водозбору, км ²	Середня висота водозбору, км ²	Середній уклон водозбору, ‰	Озерність, %	Заболоченість, %	Лісистість, %
		від витіку	від найбільш віддаленої річкової системи	середній	Середньо-зважений						
184	Південний Буг – с. Пирогівці	76	76	0,7	0,6	827	320	79	< 1	3	8
185	Південний Буг – с. Лелетка	152	152	0,6	0,3	40000	320	-	< 1	5	8
186	Південний Буг-Сабарів	235	235	0,4	0,3	9010	310	-	< 1	6	11
187	Південний Буг – Гростянчик	436	436	0,3	0,3	17400	310	-	< 1	4	11
188	Південний Буг - Підгір'є	587	587	0,4	0,4	24600	-	-	< 1	3	14
189	Південний Буг Олександрівка	674	674	0,5	0,4	46200	-	-	< 1	2	9
190	Бужок – Меджибож	72	72	0,8	0,6	698	320	73	< 1	7	1
191	Іква – Стара Синява	45	45	1,2	0,7	439	310	76	1	4	5
192	Згар –пгт Літин	59	59	1	0,7	692	320	61	3	11	13
193	Ров–Демідовка	97	97	0,9	0,7	1130	310	-	1	4	12
194	Соб – с. Зозов	13	13	3,2	2,9	92,5	290	36	2	0	3
195	Савранка с.Осички	91	96	1,7	1,1	1740	200	-	< 1	2	15
196	Кодима– с.Обжила	12	26	5,6	4,0	145	230	98	< 1	2	19
197	Кодима-Катеринка	137	151	1,4	0,6	2390	170	-	< 1	< 1	11
198	Синюха –с. Синюхин Брод	99	270	0,7	0,6	16700	190	-	< 1	1	5
199	Гнілий Тікіч – пгт Лисянка	82	85	1,4	0,7	1450	210	-	< 1	2	3
200	Велика Вись – Ямпіль	156	156	0,7	0,3	2820	180	-	< 1	1	3
201	Ятрань – с.Покотилово	99	99	1,5	1,3	2140	200	-	< 1	< 1	7
202	ЧорнийТашлик – Піщаний Брод	66	72	1,8	1,0	1830	200	-	< 1	< 1	2
203	ЧорнийТашлик - Тарасівка	117	123	1,3	0,8	2230	200	-	< 1	1	2

Гідрометеорологічна вивченість

Систематичні виміри витрат води в басейні річки Південний Буг почалися з 1928-1931 рр. [1], а спостереження за гідрологічним режимом у замикаючому створі у с. Олександрівка стали проводитися з 1914 року. З цього часу, мережа гідрометеорологічних постів істотно розширилася, виміри витрат води проводяться на всіх основних притоках досліджуваної річки. Загальна кількість гідрологічних постів у даному басейні становить 20, з них 6 на головній річці і 14 на притоках. На основі аналізу карти-схеми можна зробити висновок, що пости по площі басейну Південного Бугу розподілені рівномірно (рис. 1.4). Список постів і період спостережень за стоком на них представлені в табл.1.8 [11].



▼ – гідрологічний пост; ● – метеорологічна станція

Рисунок 1.4 – Карта-схема розташування гідрологічних постів басейна р.Південний Буг

Таблиця 1.8 – Гідрологічні пости в басейні р. Південний Буг і період спостережень за стоком води [11]

Номер поста	Річка - пост	Площа водозбору, км ²	Період спостережень	Число років
1	Південний Буг-с.Пирогівці	827	1964-2015	52
2	Південний Буг-с.Лалітка	4000	1926-1943,1945-1946,1964-2015	72
3	Південний Буг-с.Сабарів	910	1930-1985	56
4	Південний Буг-с.Тростянчик	17400	1930-1941,1946-2015	82
5	Південний Буг-с.Підгір'я	24600	1926-1943,1958-2015	76
6	Південний Буг-с.мт.Олександріївка	46200	1914-2015	102
7	Бужок-с.мт Меджибож	698	1952-1988	37
8	Іква-с.мт.Стара Синява	439	1946-2015	70
9	Згар-с.мт Літин	692	1931-2015	85
10	Рів-с.Демидівка	1130	1916-1918,1922-1941,1945-2015	94
11	Соб-с.Зозів	92.5	1945-2015	71
12	Савранка-с.Осичка	1740	1936-1941,1945-2015	77
13	Кодима-с.Обжила	145	1946-1988	43
14	Кодима-с.Катенринка	2390	1931-1941,1945-2015	82
15	Синюха-с.Синюхин Брід	16700	1925-1931,1933-2015	90
16	Гнілий Тікич-с.мт.Лисянка	1450	1945-2015	71
17	Велика Вись-с.Ямпіль	2820	1926-1941,1943-,1945-2015	88
18	Ятрань-с.Покотилове	2140	1955-2015	61
19	Чорний Ташлик-с.Піщаний Брід	1830	1965-1988	24
20	Чорний Ташлик-с.Тарасівка	2230	1933-1943,1945-2015	82

21	Мертвовід-с.Крива Пустош	252	1949-2015	67
22	Чичиклія- с.Василівка	436	1951-1958,1961- 1988	36
23	Гнилий Єланець- с.Жанево- Криворіжжя	1190	1936-41,1945- 71,1973,1980- 82,1985-88	41
24	Інгул-м.Кіровоград	840	1945-2015	56
25	Інгул-с.Седнівка	4770	1954-2015	62
26	Інгул- с.Новогорожене	6670	1931-41,1945-2015	82
27	Громоклія- с.Михайлівка	1410	1946-1988	43
28	Тилігул- с.Новоукраїнка	810	1955-1988	34
29	Тилігул-с.Березівка	3170	1953-71,1973,1978- 2015	58
30	Ботна-м.Каушани	1210	1949-1986	38
31	Когильник- м.Котовськ	179	1959-1986	28
32	Ялпуг-зал.ст.Комрат	241	1962-63,1965- 66,1969-86	22
33	Муса-зал.ст.Комрат	83.5	1962-63,1965-77	15
34	Тараклія- сміт.Тараклія	103	1960-1986	27
35	Великий Куяльник- с.Северинівка	1840	1986-2015	29

Переважають пости із площею водозборів 500-2000 км² (їх 7), <500 км² - 3 пости, також є 5 постів із площею водозборів 2000-5000 км² (табл. 1.9, 1.10), піст Південний Буг - Сабарів має площу водозбору 9010 км², і площу водозбору > 10000 км² - займають 4 пости.

Розподіл постів по тривалості років спостережень таке: на 6 постах з 20 спостереження проводяться 21-50 років, а на інших 14 постах - > 50 років (табл. 1.9). Самий довгий ряд спостережень (83 роки) має піст Південний Буг - с. Олександрівка, найбільш короткий - піст Чорний Ташлик - Піщаний Брод (23 роки) (табл. 1.10).

Таблиця 1.9 – Розподілення постів по величині площі водозборів

Басейни	Площі водозборів річок, км ²					усього
	<500	500-2000	2000-5000	5000-1000	>10000	
	3	7	5	1	4	20

Таблиця 1.10 – Розподілення постів по довжині років спостережень

Басейни	Кількість років спостережень					усього
	<10	11-15	16-20	21-50	>50	
	-	-	-	6	14	20

1.5. Водний режим стоку річок

1.5.1 Характеристика водного режиму річок території

Водний режим визначається кліматичними, гідрогеологічними, орографічними і гідрографічними особливостями території. Досліджуваний район знаходиться в різко змінних кліматичних і орографічних умовах, у зв'язку з чим процеси формування стоку на різних його частинах вельми складні і обумовлюють істотні відмінності у водному режимі. Літня і зимова межінь на цих річках характеризується стійкістю, маловодістю і значною тривалістю; осінні підйоми спостерігаються після обложних дощів. Інколи межінь порушується невеликими дощовими паводками. Річний хід рівня на річках різних гідрологічних районів неоднаковий [1, 3,5].

Ранні терміни початку підйому рівня весняного водопілля випереджають середні на 1-1,5 місяця, а пізні запізнюються всього на один - два тижні. Водопілля не зрідка проходить декількома хвилями, що особливо є при ранніх розтихах і поверненнях холодів. Не зрідка водопілля ускладнюється і посилюється весняними дощами, що випадають і в таких випадках другий пік водопілля значно перевищує перший. Найчастіше вищими в році є рівні дощових паводків, і лише в роки із значними снігозапасами і в посушливі роки, коли влітку опадів випадає менше норми, весняний максимум перевищує максимум дощових паводків. Найвищі рівні на малих річках

зазвичай у другій — третій декаді березня, на середніх і великих — у кінці березня — початку квітня. Середня інтенсивність підйому рівня при високому водопіллі на великих і середніх річках досягає 40-150 см/добу, на малих річках – 10-15 см/добу, а при низькому водопіллі — всього 5-10см/добу, весняним водопіллям, що продовжується в середньому близько 1,5-2 місяці, слідує літні паводки.

Водопілля на річці Південний Буг нерідко проходить декількома хвилями, що особливо проявляється при ранніх скресаннях і поверненнях холодів. Доволі часто, водопілля ускладнюється та підсилюється весняними дощами, що випадають.

В середньому, водопілля в верхів'ї Південного Бугу починається 5 березня, а в районі замикаючого створу (Південний Буг - Олександрівка) - 26 лютого. Найбільш рання із середніх дат початку водопілля відзначена в пунктах Синюха - Синюхин Брід і Ятрань - Покотилове - 24.02 (табл. 1.11).

Проходження максимальних витрат води, в середньому, по території, спостерігається 15 березня і тільки у верхів'ї досліджуваної річки це явище спостерігається 20 березня. Триває водопілля, у середньому, від 40 до 60 діб. Закінчення водопілля на річці Південний Буг залежить від площ водозборів річок, у даному басейн. Найбільш пізня із середніх дат закінчення водопілля відзначена в пункті Південний Буг - Олександрівка - 05.05 (табл.1.11) [11].

Режим меженого стоку

Спад рівня продовжується до серпня — вересня, мінімуму в кінці вересня — жовтня. Кількість паводків в багатоводні роки досягає 5-8, інколи 10-12 і більш. Середня інтенсивність підйому рівня паводків на малих річках порядку 0,5-0,7 м/добу, на середніх і великих 1,5-3,5 м/добу. Середня тривалість паводків на малих річках 5-10 днів, на середніх і великих 1-1,5 місяця і більше. Середній багатолітній модуль стоку змінюється від 3,29 до 1,24 л/с*км² [1, 3,5].

Таблиця 1.11 - Стік весняного водопілля в басейні р. Південний Буг – с. Олександрівка [11]

№ по карті	Річка-пункт	F кв.км	Дати			Тривалість водопілля , в добах	Найбільша строкова витрата куб.м/с	Шар стоку за водопілля, мм	Об'єм стоку за водопілля , млн.куб.м
			Початку водопілля	Строкової найбільшої витрати	Закічення водопілля				
184	Півд.Буг-Пироговці	827		22.03	14.04	37	19.3	34	28.1
185	Півд.Буг -Лелетка	4000	03.03	22.03	21.04	51	132	41	166
186	Півд.Буг -Сабарів	9010	01.03	21.03	29.04	61	314	43	392
187	Півд.Буг -Тростянчик	17400	02.03	20.03	28.04	60	456	35	601
188	Півд.Буг -Підгір'є	24600	01.03	18.03	29.04	59	495	30	741
189	Півд.Буг -Олександрівка	46200	25.02	20.03	05.05	69	839	29	1340
190	Бужок-Меджибож	698	05.03	21.03	15.04	43	22.6	30	21.2
191	Іква-Стара Синява	439	03.03	16.03	15.04	45	19.5	42	18.2
192	Згар-Літин	692	06.03	22.03	26.04	53	27.2	41	28.2
193	Ров-с.Демідовка	1130	03.03	20.03	18.04	48	47.2	36	40.7
194	Соб-с.Зозов	92.5	04.03	17.03	15.04	44	7.38	37	3.38
195	Савранка -Осички	1740	27.02	15.03	19.04	53	25.0	19	32.8
196	Кодима -с.Обжила	145	26.02	12.03	13.04	48	2.03	12	1.78
197	Кодима -Катеринка	2390	27.02	14.03	22.04	57	37.6	14	34.6
198	Синюха - Син.Брод	16700	24.02	16.03	23.04	61	418	26	454
199	Гнілий Тікіч – смт Лисянка	1450	27.02	16.03	17.04	50	58.9	24	34.7
200	Велика Вись-с. Ямпіль	2820	28.02	17.03	20.04	54	77.9	22	63.4
201	Ятрань – с Покоотилово	2140	24.02	11.03	13.04	50	75.0	21	46.0
202	Чорний Ташлик-Піщаний Брод	1830	01.03	12.03	08.04	38	64.7	15	27.1
203	Чорний Ташлик-Тарасівка	2230	27.02	13.03	06.04	41	41.4	23	19.2

Вплив кліматичних умов на водний режим річок

Кліматичні умови безпосередньо впливають на повний режим річки Південний Буг. На даній річці спостерігається взаємозв'язок кліматичних умов зі стоком річки. В період від'ємних температур спостерігається інтенсивне щоденне випадіння твердих опадів і що лише один раз уривається рідкими. У період підвищення температури повітря спостерігається середній за густиною льодохід і заторні явища. Танення льоду і снігу призводить до формування короткочасної повені. Подальше формування літньо - осінніх і зимових паводків, проходить за рахунок атмосферних опадів. Поряд з ним на річці спостерігається лише три періоди короткочасної межені в січні, липні і вересні. Стійкий льодостав починається в січні і закінчується в середині лютого. Стік річки залежить від атмосферних опадів і має паводочний тип.

1.5.2 Дослідження часових рядів меженого стоку

В роботі досліджено хронологічні графіки мінімальних витрат за зимовий період (середні витрати води за 30 діб) та літній період (середні витрати води за 30 діб) в басейні річки Південний Буг (рис. 1.5 та рис. 1.6) за даними [11,12]. В усіх випадках спостерігається від'ємний тренд. Тобто середня багаторічна величина мінімальних витрат має тенденцію до зменшення.

Також були побудовані різницево-інтегральні криві мінімальних витрат за 30 діб за зимовий та літній періоди в басейні річки Південний Буг, які представлені на рис. 1.7 та рис. 1.8, відповідно. Аналіз кривих показав наявність повного циклу водності для обох розглянутих періодів. Цикли водності є синхронними для зими та літа (за винятком річки Велика Вись- с. Ямпіль). В період від 1981 до 1990 спостерігається багатководний період, з 1990 р. по 1997 – маловодна фаза, з 1998 до 2005 витрати дещо збільшувалися а з 2005 р. по 2015 р. – мінімальні витрати за 30 діб за зимовий та літній періоди починають зменшуватись.

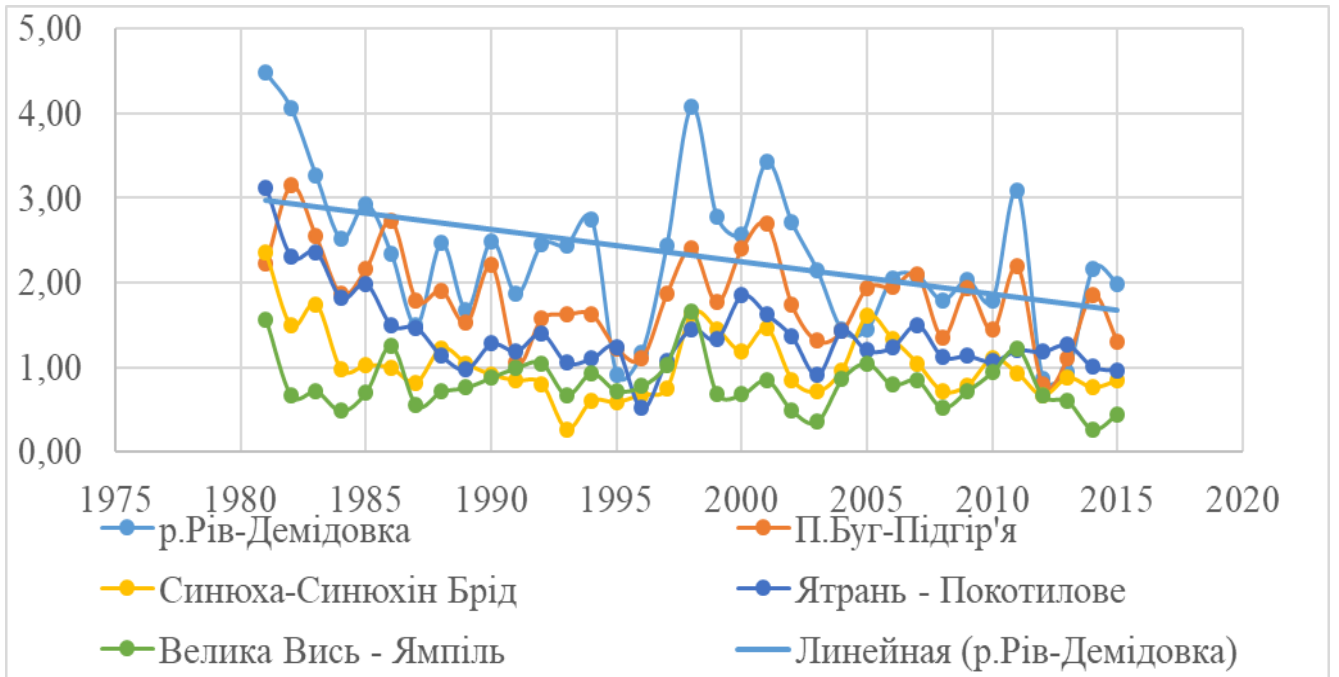


Рисунок 1.5- Хронологічний хід середніх модулів мінімальних витрат води за 30 діб за зиму в басейні річки Південний Буг

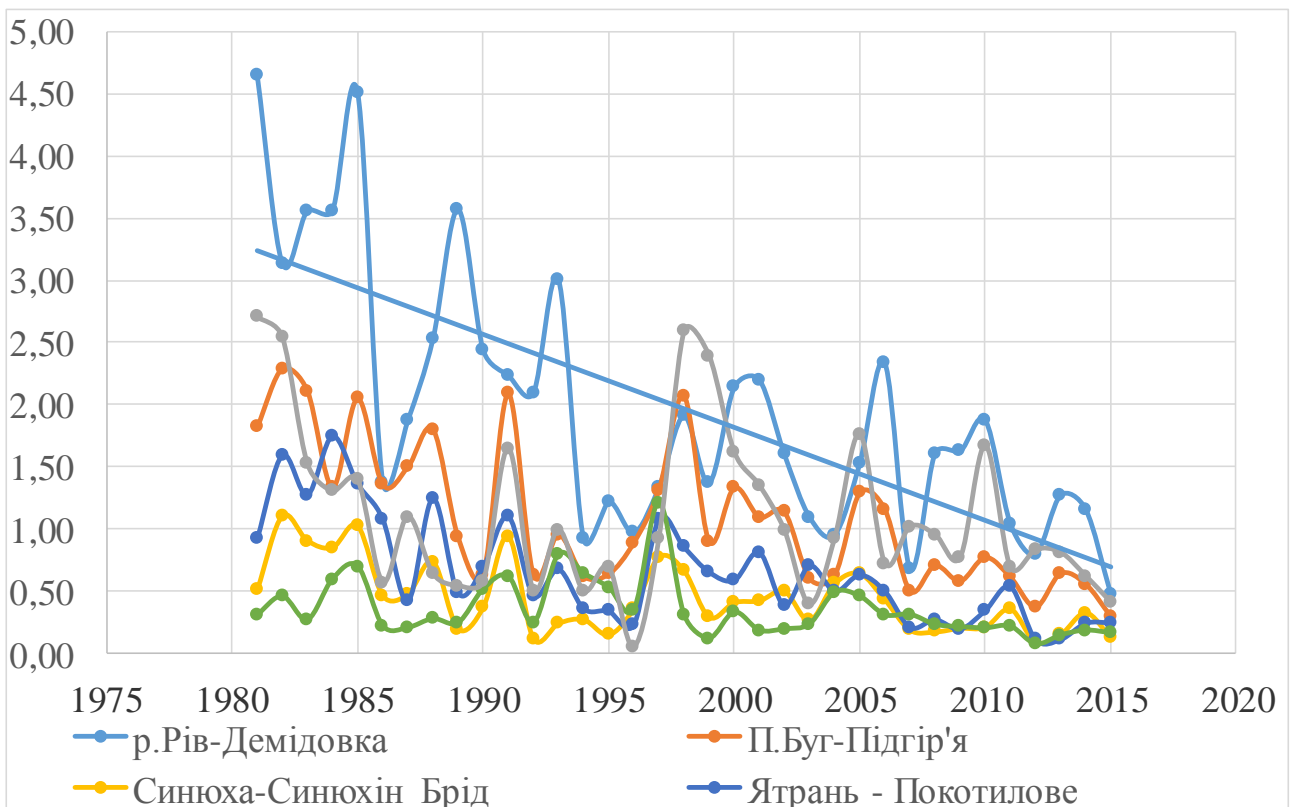


Рисунок 1.6- Хронологічний хід середніх модулів мінімальних витрат води за 30 діб за літо в басейні річки Південний Буг

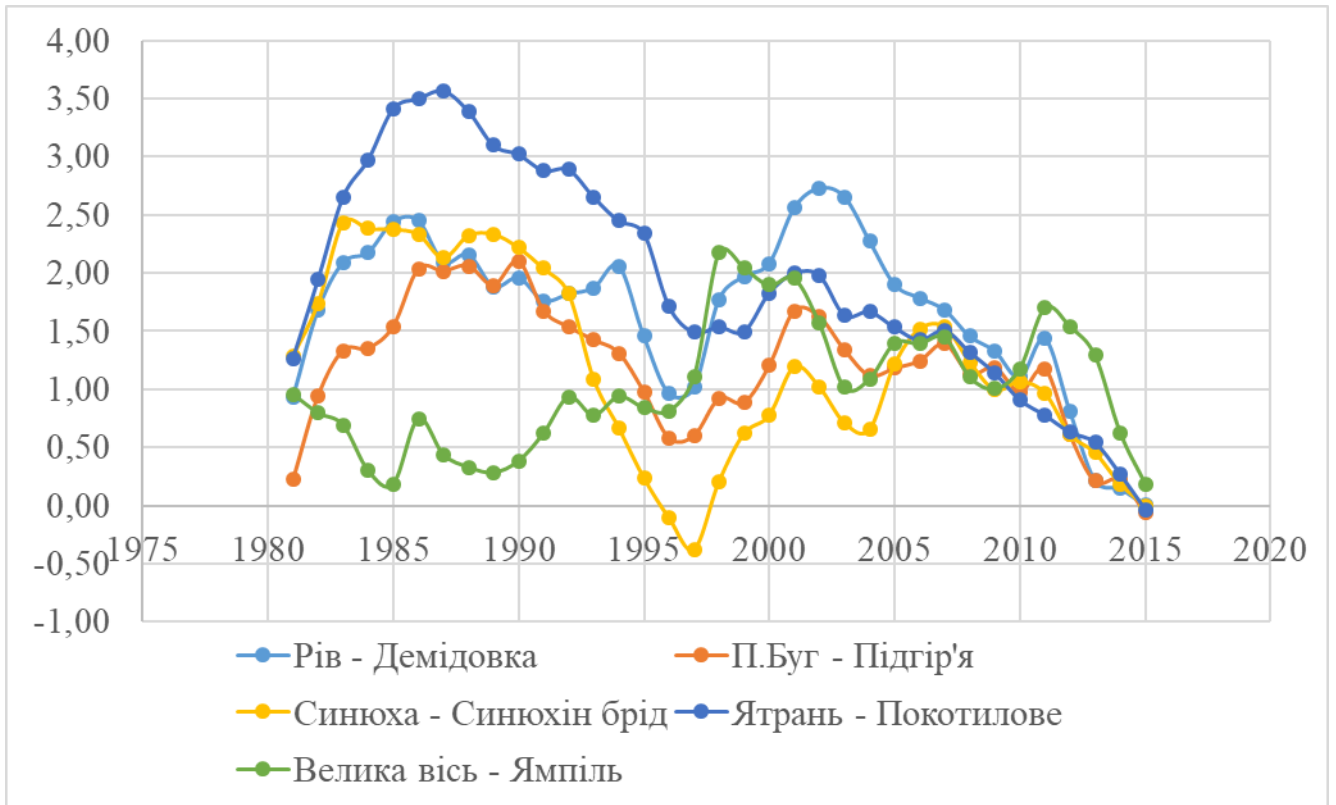


Рисунок 1.7- Різницево-інтегральні криві мінімальних витрат за 30 діб за зиму в басейні річки Південний Буг

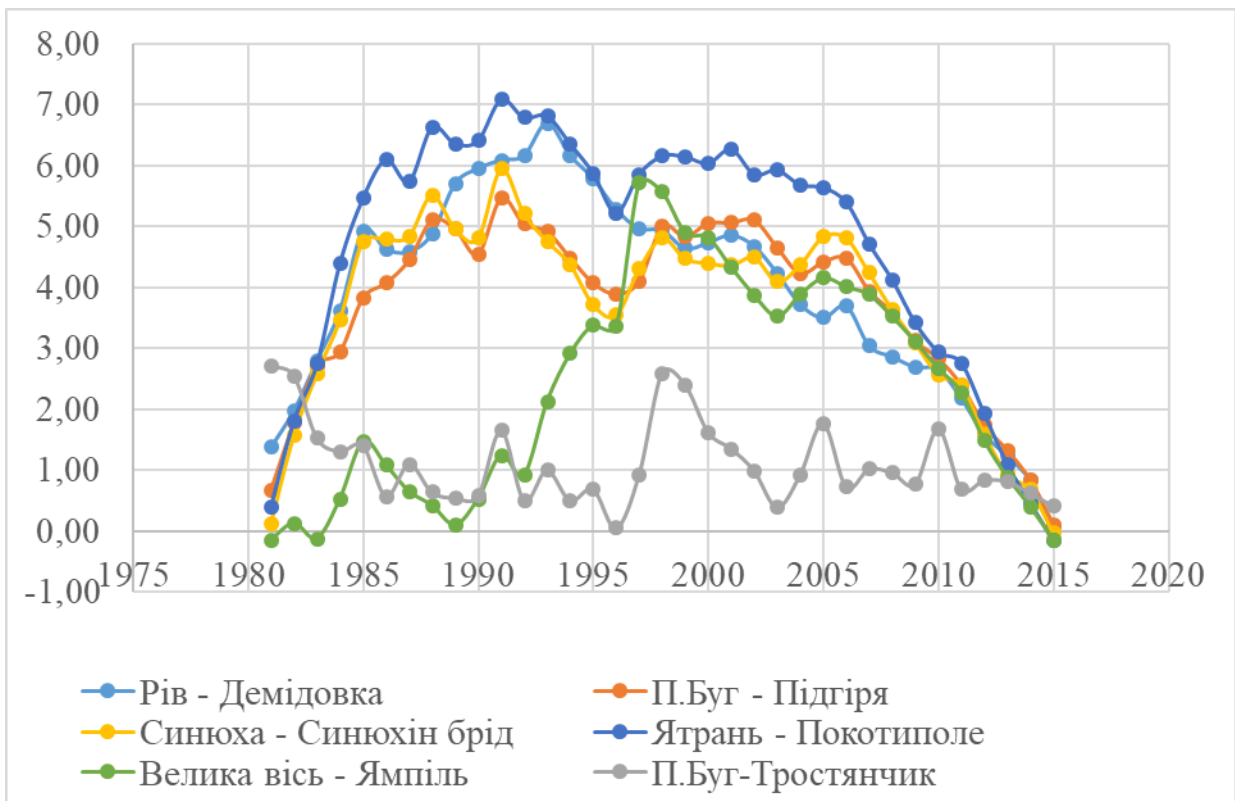


Рисунок 1.8- Різницево-інтегральні криві мінімальних витрат води за 30 діб за літо в басейні річки Південний Буг

2 Методи прогнозу літнього та осіннього стоку рівнинних річок з урахуванням залежності його від опадів

Прогнози водності великих та середніх рівнинних річок літом та осінню на період, перевищуючий добігання води по руслам, вельми важливі для водного транспорту та гідроенергетики. Наприклад, при експлуатації великих ГЕС на Дніпрі та Дністрі. Значну користь приносять прогнози місячного або декадного стоку, тобто що випускаються на наступний місяць 20-25 числа поточного місяця або на наступну декаду - 30(31),10,20 числа [13,14].

2.1 Фізична основи прогнозів

Величину літнього і осіннього стоку за деякий відносно великий період часу ($\sum_0^t Q$) можна приблизно розглядати як суму таких додатків [13,14]

$$\sum_0^t Q = W_p + \sum_0^t Q_{\text{п}} + \sum_0^t Q_{\text{д}}, \quad (2.1)$$

де W_p - запас води в річковій системі в початковий момент часу;

$\sum_0^t Q_{\text{п}}$ - стік підземних вод що потрапили в річкову систему за час t ;

$\sum_0^t Q_{\text{д}}$ - поверхневий стік дощових вод (чи талих вод що утворюються при відлизі) за час t .

Величина стоку підземних вод приблизно залежить від запасу води у водоносних горизонтах (W_1), тобто

$$\sum_0^t Q_{\text{п}} = \varphi_1(W_1). \quad (2.2)$$

На розміри поверхневого стоку дощових вод впливає кількість випавших опадів, випаровування з поверхні суші, запас води у ґрунті (W_2) і в водоносних горизонтах (W_1), якщо вони залягають близько до поверхні [14] тобто

$$\sum_0^t Q_d = \varphi_2(x, z, W_1, W_2). \quad (2.3)$$

Отже,

$$\sum_0^t Q = W_p + \varphi_1(W_1) + \varphi_2(x, z, W_1, W_2). \quad (2.4)$$

2.2 Методи прогнозів місячного літнього та осіннього стоку рівнинних річок

Перші пропозиції по довгостроковим прогнозам літнього та осіннього стоку рівнинних річок були зв'язані з установленням суто емпіричних залежностей між величинами цього стоку за той чи інший період часу та його гідрометеорологічними факторами. Однак такі залежності, як правило, мають низьку точність і тому в наш час вони порівняно рідко використовують в цілях прогнозування стоку.

Істотний прогрес в розвитку методики прогнозів літнього стоку був досягнений завдяки дослідженням В. Кесслица та А.В.Огієвського [13]. Вони обґрунтували можливість та доцільність виділення, а також прогнозу двох різних за своїм генезисом частин літнього та осіннього стоку:

1. Стоку, обумовленого виснаженням запасів руслових, а також підземних вод, обчислювального за допомогою встановлення кривих спаду витрат води.
2. Поверхневого стоку, викликаного опадами.

В. Кесслиц запропонував наступні рівняння для обчислення й прогнозу величини літнього стоку р. Мур

$$y = y_1 + \eta x, \quad (2.5)$$

де y - сумарний стік за заданий місяць,
 y_1 - стік за заданий місяць, обчислений по кривій спаду витрат води,
 x - кількість опадів в басейні за той же місяць,
 η - коефіцієнт стоку.

Крива спаду та обчисленні величини коефіцієнта стоку знаходились емпірично на основі даних гідрометеорологічних спостережень [13].

А.В.Огієвський [13], ґрунтуючись на даних багатолітніх спостережень, установив ряд досить важливих по своїй структурі, але суто емпіричних формул для обчислення місячного стоку Дніпра. У якості факторів стоку за заданий місяць він розглядав попередні витрати води, суми опадів та середні температури повітря за різні проміжки часу.

Однак способи прогнозів літнього стоку у тому виді, як вони були запропоновані В. Кеслицем та А. В. Огієвським, не знайшли широкого використання на практиці. Пояснювалось це перш за все тим, що спроби знайти шлях до розрахунку величини коефіцієнта стоку не привела до успіху; відносно до формул, запропонованих для річки Дніпро, була очевидна суб'єктивність вибору деяких факторів стоку [13].

2.3 Теоретичні основи прогнозів

В основу прогнозу витрат води покладено рівняння водного балансу [13-15]

$$\sum_n^{n+t} Q \Delta t = W_C + W_B - P_T + W + \sum_n^{n+t} Q_n \Delta t + \sum_n^{n+t} Q_D \Delta t, \quad (2.6)$$

де $\sum_n^{n+t} Q \Delta t$ - стік за час t ;

n - дата випуску прогнозу;

W_C, W_B, W — відповідно запаси води в сніговому покриві, на поверхні басейну і в русловій мережі в момент часу n ;

$\sum_n^{n+t} Q_n \Delta t$ - стік підземних вод за час Δt від дати n до дати $n+t$;

$\sum_n^{n+t} Q_D \Delta t$ - стік, який викликаний опадами за час Δt від n до дати $n+t$;

P_T - втрати талого стоку, якщо сніг в басейні повністю тане.

Вище відмічалось, що величина запасів води в певний момент часу в русловій мережі, замикаючим даним створом, в значній степені впливає на величину стоку через цей створ на протязі деякого наступного проміжку часу. Цей вплив при інших рівних умовах зазвичай збільшується зі збільшенням розмірів річки. З іншої сторони, стік наступного періоду буде залежить і від кількості опадів, що випали в басейн на протязі деякого проміжку часу, не тільки після цього моменту часу але і дещо раніше [13-15].

Дослідження показали, що для рік з достатньо великим басейном (не менше 30-50 тис. км²) мають місце досить тісні відношення величини стоку за даними літнього чи осіннього місяця (Q_{n+1}) від величини стоку за минулі місяці (Q_n) і середньої висоти шару опадів, випавших в басейн на протязі частини даного і минулого місяця(x) тобто

$$Q_{n+1} = \varphi(Q_n, x). \quad (2.6)$$

Величина Q_n приблизно характеризує запас води в русловій мережі вище замикаючого створу, а також в деякій степені запас підземних вод та вологість ґрунтів, з якою зв'язані втрати опадів на інфільтрацію [13].

Недоліки викладеної методики прогнозу стоку полягають у тому, що:

1. Величина Q_n є лише непрямою і досить приблизною характеристикою запасів вод в русловій мережі;
2. Степінь зволоженості ґрунтів, що має вплив на інфільтрацію дощових опадів, звісно, далеко не завжди достатньо тісно пов'язана с величиною Q_n ;
3. При обчисленні опадів, які вводять в залежність як одну з незалежних перемінних, ми досить приблизно враховуємо їх час добігання до замикаючого створу. В результаті руйнується умова, згідно якої ми повинні зіставляти величину опадів з тим послідуочим стоком (Q_{n+1}), який з ним генетично тісно зв'язан. Нарешті, необхідність використовувати прогноз опадів, звісно,

приводить до збільшення похибок прогнозу стоку та ускладнює оцінку точності розробленої методики.

Треба відзначити, що залежність виду ($Q_{n+1} = \varphi(Q_n, x)$) складають суть методики прогнозів місячного стоку та гірських річок, коли їх бурхливий стік обумовлений головним чином підземним та дощовим живленням (наприклад, стік багатьох річок на Закавказзі в червні) [13].

З розвитком методики розрахунків об'єму води, що знаходиться в русловій мережі, та вивченням залежності його від витрат води був зроблений ряд досліджень з ціллю покращити методику довгострокового прогнозу літнього чи осіннього стоку в великих рівнинних річках. При цьому дослідники як і раніше виходили з того цілковито правильного положення, що рішення питання про прогноз літнього стоку має зводитись до розробки методів передбачення двох складових цього стоку. Одна з яких є вираженням процесу виснаження запасів води в басейні, передусім руслових, а друга – обумовлена стоком нещодавно випавших опадів [13].

2.4 Про територіальні прогнози літнього та осіннього стоку

Територіальні прогнози літнього та осіннього стоку вперше стали складатися в Державному гідрологічному університеті в 1939 році під керівництвом С. Ю. Белінкова [13]. В основу їх розробки був покладений метод аналогів. Роки-аналоги підбирались для окремих великих районів, на які завчасно була розділена Європейська територія СРСР. Вибір року-аналога виконується по величині весняного стоку й по сумі опадів в місяць. У цілях облегшити цю роботу були побудовані за всі минулі роки карти величин весняного стоку та літніх опадів (по місяцям) у вигляді модульних коефіцієнтів. Очікувана водність річок за той чи інший місяць приймалась по року-аналогу (для кожного району). Майбутні опади бралися по прогнозу погоди [13].

При наявності прогнозів літнього стоку в місяць по багатьох басейнах можна скласти карту очікуваної водності річок за даний місяць для достатньо

великої території, наприклад Європейської частини СРСР. При цьому доцільно очікувану водність річок надавати у відносних величинах (у модульних коефіцієнтах). Але у при цьому випадку просторове узагальнення величин очікуваного стоку буде в той чи іншій степені схематичним, оскільки місячний стік доволі сильно залежить від місцевих фізико-географічних умов, розмірів басейна та інших факторів. Наявність такого територіального прогнозу дозволяє знайти очікувану величину літнього стоку за даний місяць практично для кожної річки, що протікає у даному районі [13].

Задача територіального прогнозу літнього стоку може бути вирішена і на основі задачі узагальнених співвідношень. Так, наприклад, для Північно-Західного району Р. А. Нежиховський встановив узагальнене співвідношення

$$q_{n+1} = \varphi(q_n, Q, F), \quad (2.7)$$

де q_n та q_{n+1} – модуль стоку за даний та наступний місяць при відсутності притока дощових вод до руслової мережі (і в озера), Q та F – озерність та площа басейну.

Залежність величини притока дощової води до руслової мережі (і в озера) опинилися для Північно-Західного району, як вже відмічалось вище, також загальними. Отже, за допомогою цих співвідношень можна, дотримуючись викладеному в минулому розділі, скласти прогноз місячного стоку для будь-якої річки, якщо для неї відомі відповідні вихідні дані (озерність та інші) [13].

2.5 Деякі зональні особливості процесів формування дощового стоку

Розміри дощового стоку рівнинних річок літом та осінню в значній мірі залежать від кліматичних та ґрунтових умов. У зв'язку з цим спостерігається певна зональність розподілення по території величин річного стоку. Найбільші величини стоку, викликані літніми та осінніми дощами, мають місце в лісовій

зоні, особливо в південній її частині, а найменше – в степовій та пустинно-степовій зонах [13].

Поверхневий стік дощових вод виникає в тих випадках, коли інтенсивність випадання опадів перевищує інтенсивність вбирання води у ґрунт. Як же відмічалось раніше, деякі ґрунти, що недостатньо зволожені, можуть вбирати воду з досить великою інтенсивністю (що досягає декілька міліметрів в хвилину). Якщо при цьому ґрунтові води залягають глибоко та ілювіальний ґрунтовий шар досить водопроникний, то ясно, що в таких випадках поверхневий стік від опадів може виникнути, коли останній досягне сили зливи. Фізико-географічні умови, подібні розглянутим, характерні для степової та пустинно-степової зон. Зустрічаються вони і в лісовій зоні, якщо алювіальний шар характеризується підвищеною водопроникністю і не може грати роль відносного водоупору [13].

3 Розробка методики прогнозів меженого стоку літньо-осіннього періоду річок басейну Південного Бугу

3.1 Побудова та аналіз прогнозних залежностей меженого стоку річок р. Південний Буг - с.Тростяничик

Для розробки методики прогнозу середньодекадних витрат води меженого літньо-осіннього стоку річки Південний Буг були взяті дані про щоденні та середньодекадні витрати води за період червень – вересень з 1980 р. по 2015 р. для поста р. Південний Буг - с.Тростяничик (17400 км² площа водозбору) [11].

В основу прогнозу витрат води покладено рішення рівняння водного балансу. Прогнозна величина стоку за якийсь відрізок часу може бути представлена у вигляді (2.6) [13-15].

Практично розробка методики прогнозу полягає в будові кореляційних залежностей типу [14,15]

$$\bar{Q}_{t+\Delta t} = f(Q_t), \quad (3.1)$$

де Q_t – середня витрата води за період часу, м³/с;

$Q_{t+\Delta t}$ – витрата води у замикаючому створі річки на дату випуску прогнозу t , м³/с;

Емпіричні залежності місячного стоку визначаються за даними багаторічних спостережень та оцінки точності отриманої прогновної залежності. Ці залежності, як визначаються для окремих місяців літнього та осіннього періоду, так і для всього періоду межені. Чим менший вплив дощів на стік меженого періоду в районі дослідження, тим вище буде точність прогнозу.

За дату t , на яку визначаються величина є датою випуску прогнозу стоку на декаду, приймається 10-те, 20-те число поточного чи 30(31)-те число попереднього місяця.

За даними про витрати води (на дату випуску прогнозу та середні за декаду) на річці Південний Буг – с. Тростянички були побудовані залежності виду (3.1) на місяці лінно-осіннього періоду [16].

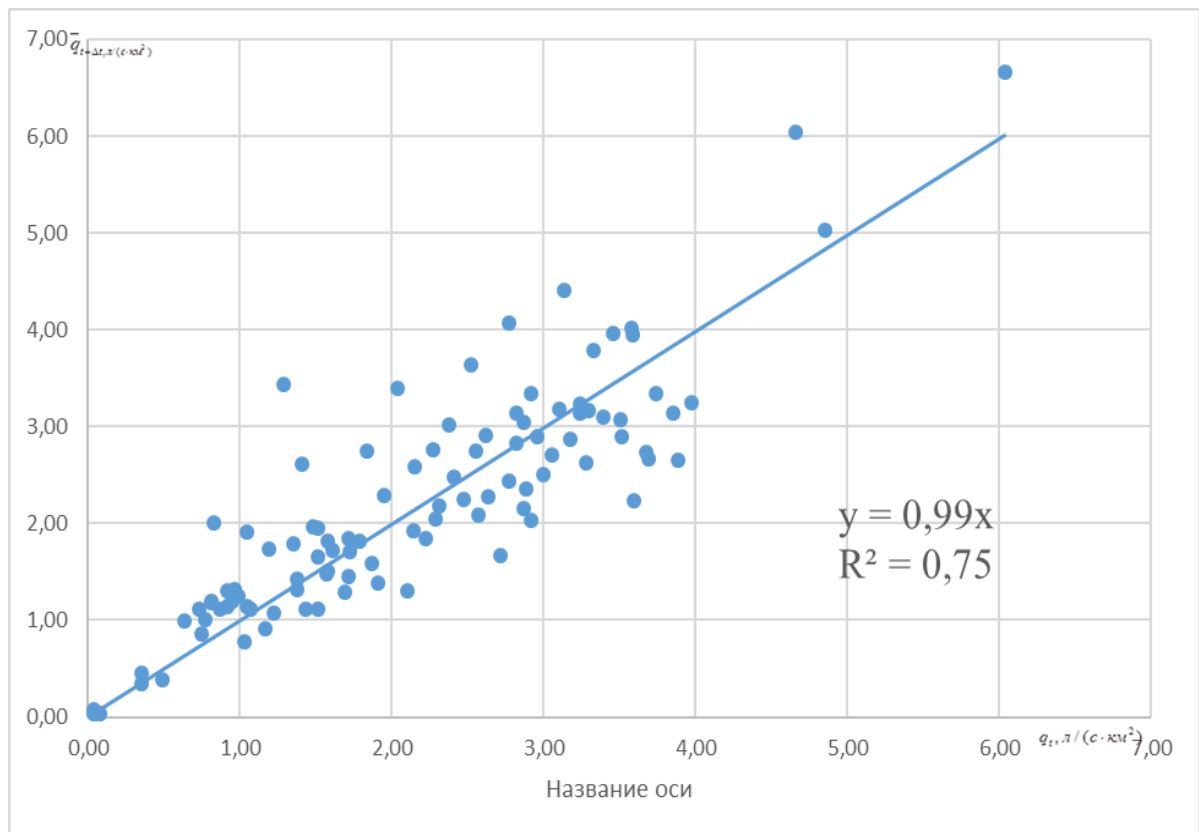


Рисунок 3.1 – Залежність для короткострокових прогнозів середньодекадних модулів стоку (за червень) для річки Південний Буг с.Тростянички (1980-2015 рр.)

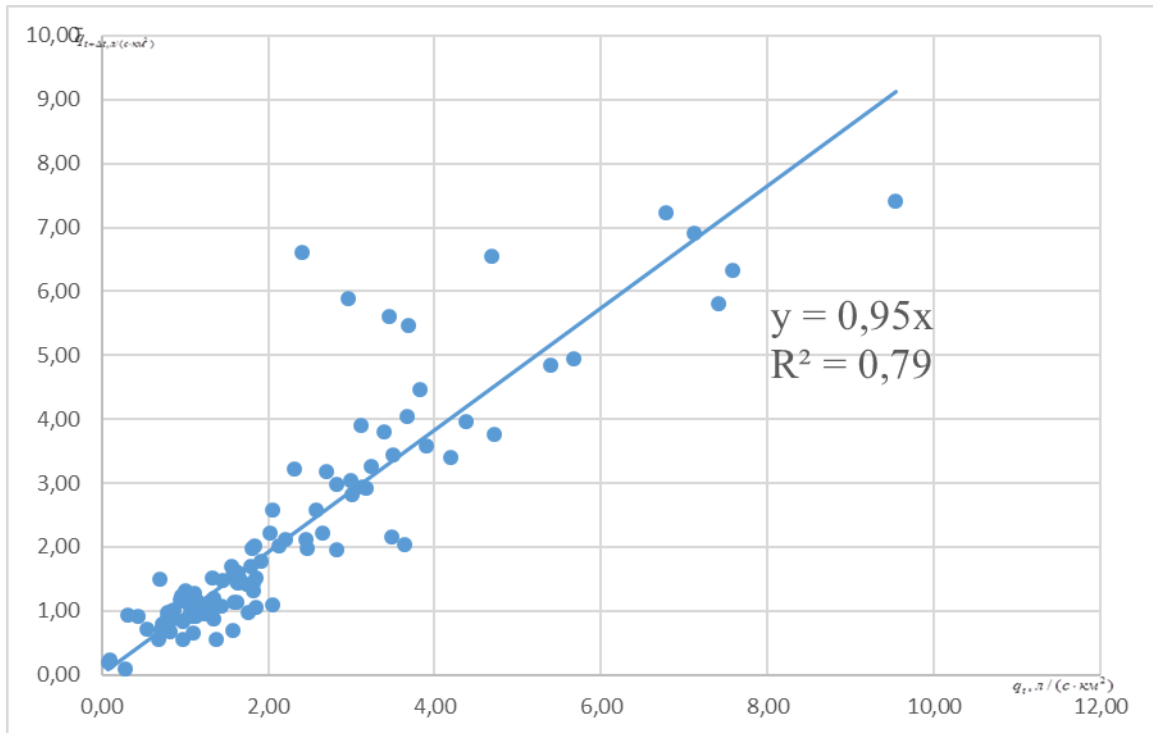


Рисунок 3.2 – Залежність для короткострокових прогнозів середньодекадних модулів стоку (за липень) для р. Південний Буг с.Тростяничок (1980-2015 рр.)

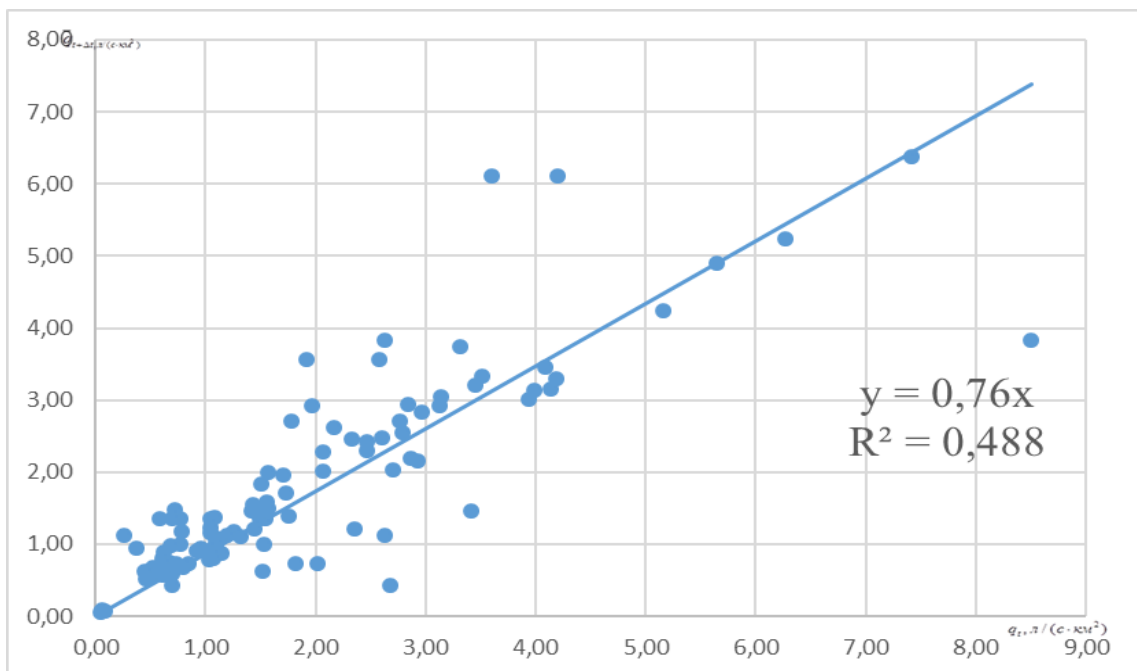


Рисунок 3.3 – Залежність для короткострокових прогнозів середньодекадних модулів стоку (за серпень) для р. Південний Буг с.Тростяничок (1980-2015 рр.)

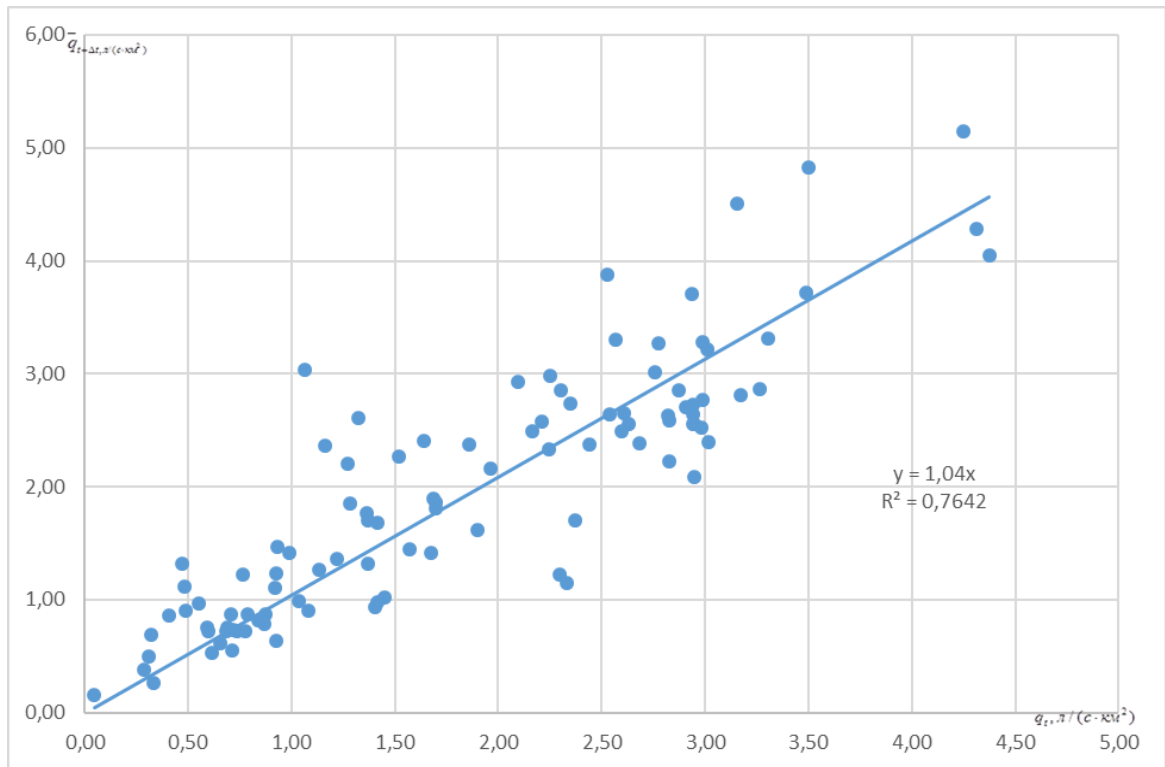


Рисунок 3.4 – Залежність для короткострокових прогнозів середньодекадних модулів стоку (за серпень) для р. Південний Буг - с.Тростяничок (1980-2015 рр.)

Параметри залежностей для короткострокових прогнозів меженного стоку річок розглядуваної території наведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Параметри залежностей для короткострокових прогнозів меженного стоку річки Південний Буг - с.Тростяничок $\bar{q}_{t+10} = f(q_t)$

Період прогнозу							
Червень		Липень		Серпень		Вересень	
Рівняння	r	Рівняння	r	Рівняння	r	Рівняння	r
$y = 0,99x$	0,75	$y = 0,95x$	0,79	$y = 0,76x$	0,48	$y = 1,04x$	0,76

3.2 Методика просторового прогнозування меженного стоку річок в басейні р. Південний Буг

Для розробки методики просторового прогнозу середньодекадних витрат води меженного літньо-осіннього стоку р. Південний Буг були взяті дані про щоденні та середньодекадні витрати води за період червень – вересень з 1980 р. по 2015 р. для постів:

- р. Південний Буг - с.Тростянчик (17400 км² площа водозбору);
- р. Південний Буг - с.Підгір'я (24600 км² площа водозбору);
- р. Велика Вись - с.Ямпіль (2820 км² площа водозбору);
- р. Синюха - с.Синюхін Брід (16700 км² площа водозбору);
- р. Ятрань- с.Покотилове (2140 км² площа водозбору);
- р. Рів - с. Демидівка (1130 км² площа водозбору).

В основу прогнозу витрат води покладено рішення рівняння водного балансу також у вигляді залежності (3.1) але узагальнених для низки постів.

За дату t , на яку визначаються величина є датою випуску прогнозу стоку на декаду, приймається 10-те, 20-те число поточного чи 30(31)-те число попереднього місяця.

За даними про витрати води (модулі стоку) (на дату випуску прогнозу та середні за декаду) на р. Південний Буг були побудовані залежності виду (3.1) на місяці.

Залежності для короткострокових прогнозів середньодекадних модулів стоку (за серпень, липень, червень, вересень) для річки Південний Буг (1980-2015 рр.) представлені на рис.3.5-.3-8.

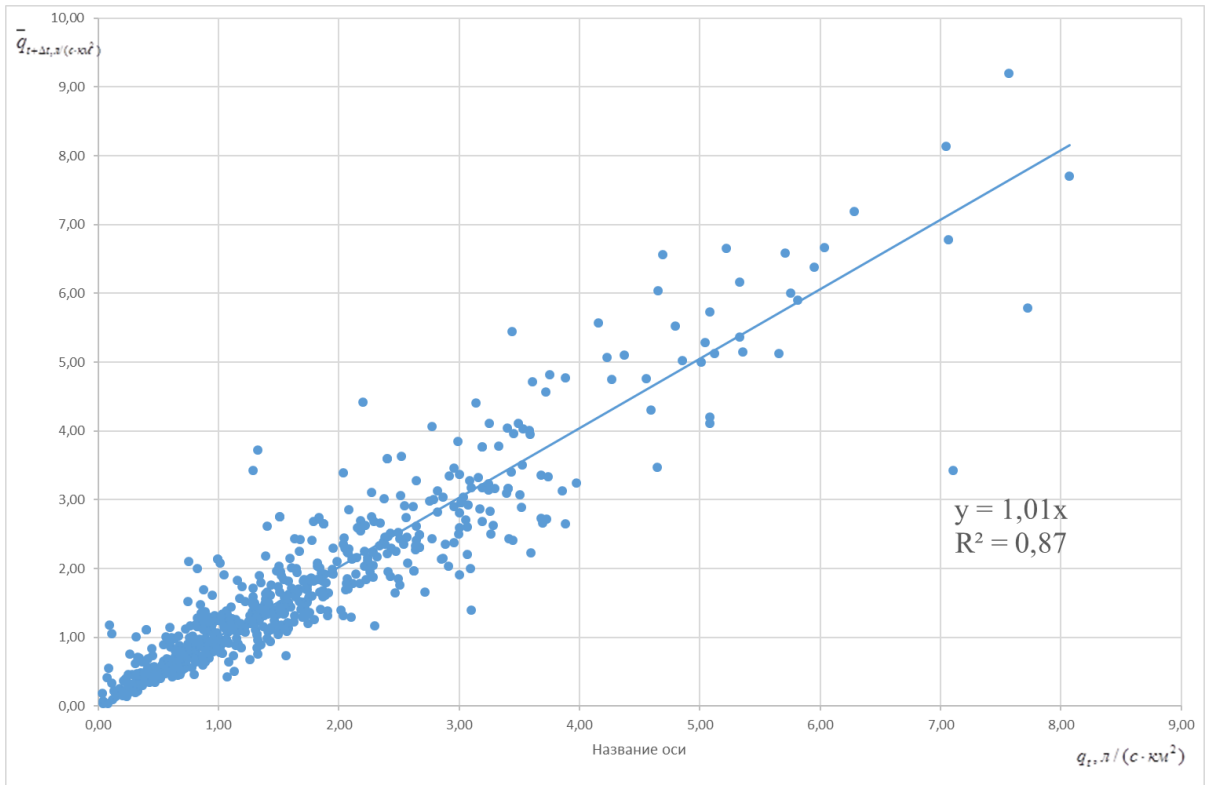


Рисунок 3.5 – Залежність для короткострокових прогнозів середньодекадних модулів стоку (за червень) для річки Південний Буг (1980-2015 рр.)

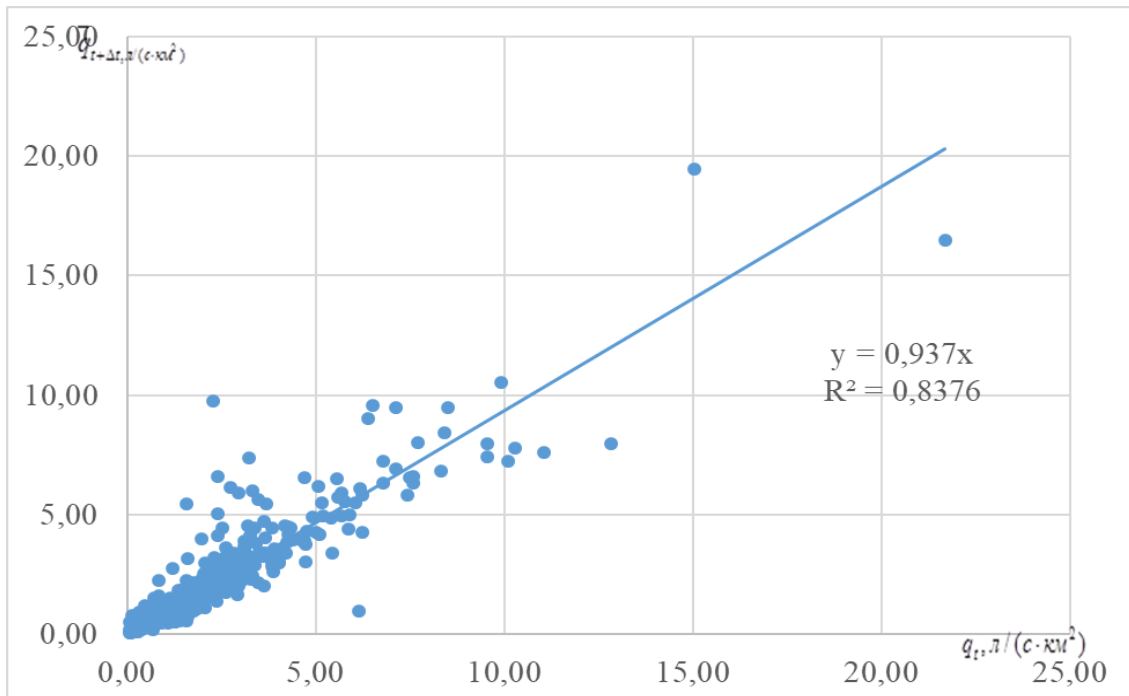


Рисунок 3.6 – Залежність для короткострокових прогнозів середньодекадних модулів стоку (за липень) для річки Південний Буг (1980-2015 рр.)

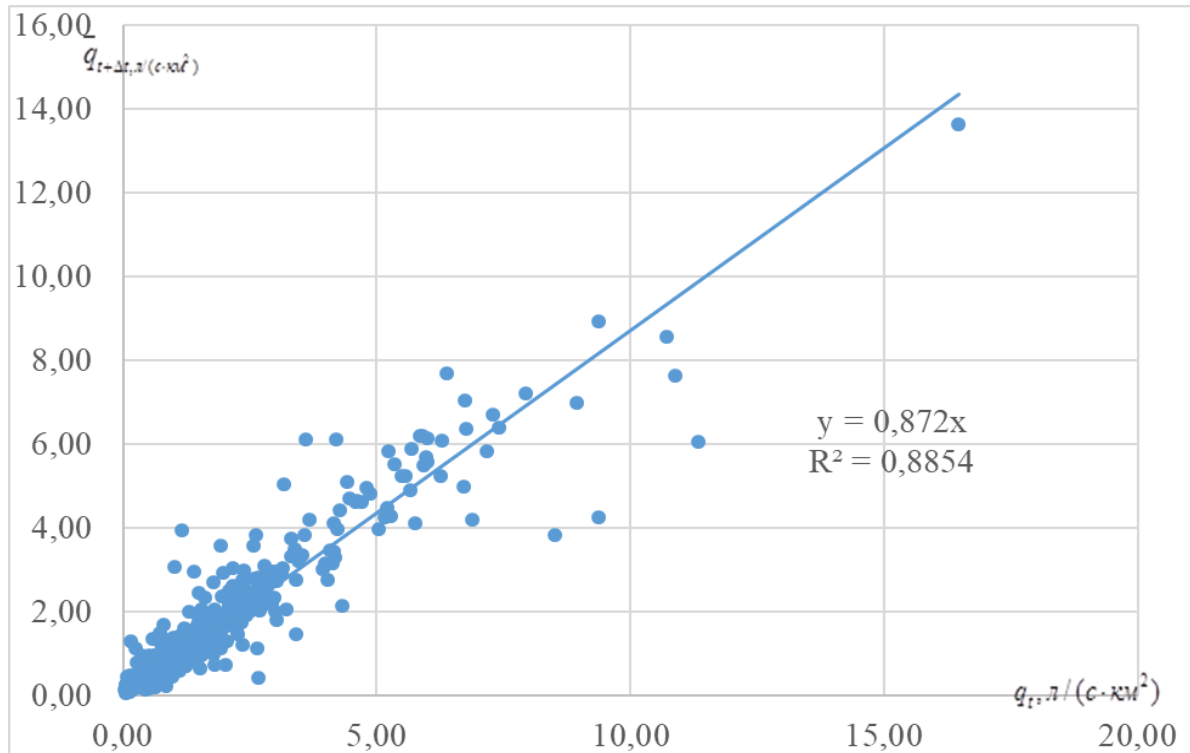


Рисунок 3.7 – Залежність для короткострокових прогнозів середньодекадних модулів стоку (за серпень) для річки Південний Буг (1980-2015 рр.)

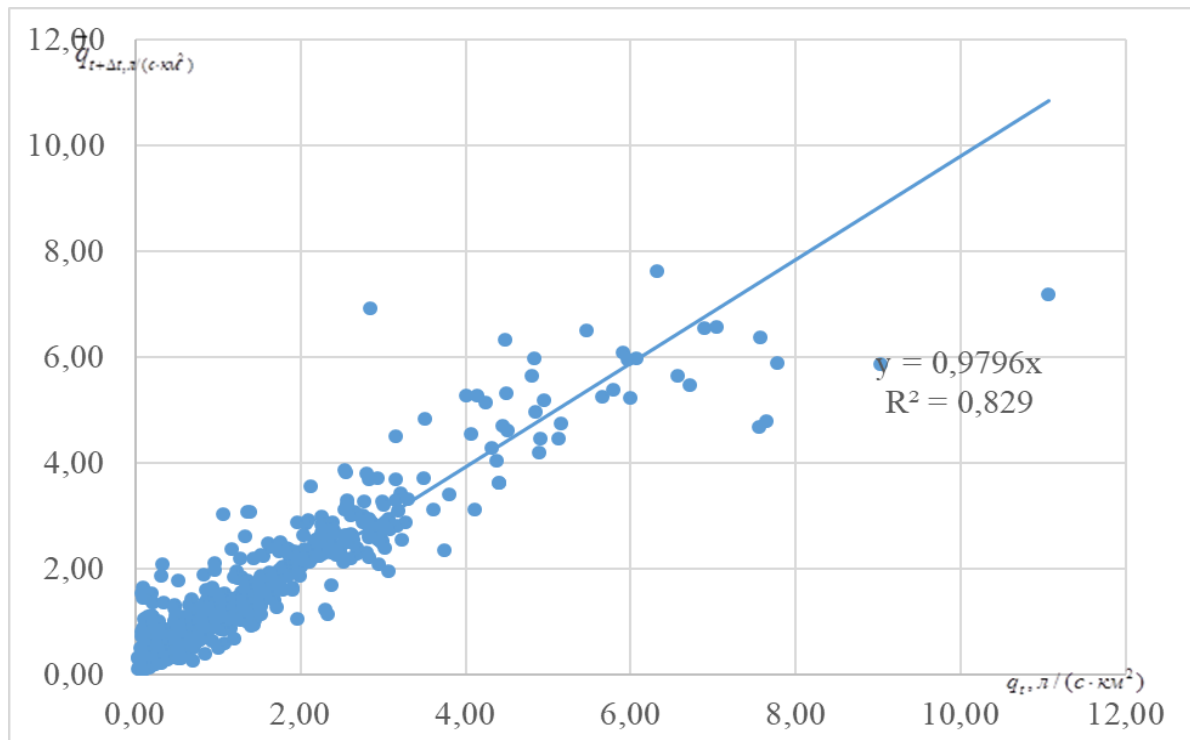


Рисунок 3.8 – Залежність для короткострокових прогнозів середньодекадних модулів стоку (за вересень) для річки Південний Буг (1980-2015 рр.)

Параметри залежностей для просторових короткострокових прогнозів меженного стоку річок розглядуваної території наведені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Параметри залежностей для просторових короткострокових прогнозів меженного стоку річки Південний Буг

$$\bar{q}_{t+10} = f(q_t)$$

Період прогнозу							
Червень		Липень		Серпень		Вересень	
Рівняння	r	Рівняння	r	Рівняння	r	Рівняння	r
$y = 1,01x$	0,93	$y = 0,94x$	0,92	$y = 0,87x$	0,94	$y = 0,98x$	0,91

3.3 Оцінка методики короткострокових прогнозів меженного стоку річок

Середнє квадратичне відхилення змін прогнозованої величини за період завчасності прогнозу від норми цієї змінної σ_{Δ} від норми в роботі обчислюється по формулі [17,18]

$$\sigma_{\Delta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_i - \bar{\Delta})^2}{n-1}}, \quad (3.2)$$

де Δ_i – зміна прогнозованої величини за період завчасності прогнозу (різниця між кінцевим та початковим значенням);

$\bar{\Delta}$ - середнє значення цих змін;

n – число членів ряду.

Методика прогнозу може вважатися практично ефективною, якщо похибки прогнозу не перевищують допустиму похибку ($\delta_{\text{доп.}}$).

Виходячи з припущення про те, що похибка будь-якого прогнозу випадкова, а розподіли похибок підпорядковуються нормальному закону, за допустиму похибку приймається ймовірне відхилення значень прогнозованого елемента (наприклад, шару стоку) від середнього у вигляді

$$\delta_{\text{доп.}} = \pm 0,674 \sigma_{\Delta}. \quad (3.3)$$

Мірою точності методики прогнозу є середня квадратична похибка перевірених прогнозів (S), яка при числі членів ряду не менше 25 обчислюється як

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q'_i)^2}{n}}. \quad (3.4)$$

Тут Q_i і Q'_i - спостережене і передбачене значення гідрологічного елемента, відповідно.

За критерій якості методики прогнозів приймається [18] відношення середньої квадратичної похибки S до середнього квадратичного відхилення σ_{Δ} . Методика прогнозу є прийнятною для практики, якщо забезпеченість допустимої похибки перевірених прогнозів не менше, ніж на 10% перевищує забезпеченість ймовірного відхилення прогнозованої величини від його норми.

Результати перевірених прогнозів р. Південний Буг – с. Тростянички (1980-2015 рр.) представлені у зведеній табл. 3.3.

Оцінка методики просторового прогнозу середньодекадних витрат води меженного літньо-осіннього стоку річки Південний Буг була виконана

аналогічним чином. Результати перевірних просторових прогнозів р. Південний Буг (1980-2015 рр.) представлені у зведеній табл. 3.4.

Таблиця 3.3 – Оцінка методики прогнозу середньо-декадних витрат води за літній та осінній періоди річки Південний Буг – с. Тростяничик (1980-2015 рр.)

Місяць	σ_{Δ} , л/(с·км ²)	$\delta_{доп}$, л/(с·км ²)	$\delta_{доп}$, м ³ /с	S , л/(с·км ²)	S / σ_{Δ}	$P\%$
Червень	1,11	0,75	0,75	0,57	0,52	85
Липень	1,34	0,90	0,90	0,77	0,58	90
Серпень	1,02	0,65	0,65	0,78	0,76	76
Вересень	1,02	0,78	0,78	0,51	0,51	89

Таблиця 3.4 – Оцінка методики просторового прогнозу середньо-декадних витрат води за літній та осінній періоди річки Південний Буг (1980-2015 рр.)

Місяць	σ_{Δ} , л/(с·км ²)	$\delta_{доп}$, л/(с·км ²)	$\delta_{доп}$, м ³ /с	S , л/(с·км ²)	S / σ_{Δ}	$P\%$
Червень	0,62	0,42		0,50	0,80	76
Липень	0,98	0,66		0,79	0,81	88
Серпень	0,69	0,46		0,52	0,76	85
Вересень	0,52	0,35		0,55	1,06	70

Отже методика просторового прогнозу середніх за декаду витрат води меженного літньо-осіннього стоку річки Південний Буг оцінюється як задовільна, так як забезпеченість допустимої похибки P складає більше 70% (від 70% до 88%), а критерій якості та ефективності методики відношення S / σ перевищує 0,5 (0,76 – 0,81) [18]. Слід зазначити, що для вересня місяця

методика має незадовільну оцінку. Це пов'язано з тим, що в цьому місяці збільшується кількість опадів, які впливають на точність прогнозів. Але методика просторового прогнозу меженного літньо-осіннього стоку річки Південний Бугу дозволяє випускати прогнози середніх за декаду витрат води для будь якої річки басейну, не залежно від наявності регулярних спостережень за стоком води. В подальшому методика буде уточнюватися.

Основні принципи розробки і оцінки методики короткострокових прогнозів меженного стоку залучені з Збірників методичних вказівок до лабораторних занять [19-21].

Результати роботи представлені в роботі автора [16].

3.4 Схема випуску прогнозу меженного стоку річок

Схема випуску прогнозу середніх за декаду витрат води по місяцях літньої і та осінньої межени, відбувається за такою схемою:

1. з автоматизованої системи АРМ-гідро виписуються витрати води Q_t , м³/с на дату випуску прогнозу;
2. витрати води Q_t , м³/с на дату випуску прогнозу перераховуються у модулі стоку q_t , л/(с·км²) за формулою $q_t = Q_t / F * 1000$, л/(с·км²),
3. по прогностичних рівняннях для кожного місяця розглядуваного періоду (табл. 3.1) за даними про модулі стоку q_t , л/(с·км²) (на день прогнозу) прогноуються середньо-декадні модулі стоку \bar{q}_{t+10} , л/(с·км²), які перераховуються в \bar{Q}_{t+10} , м³/с;
4. після проходження періоду прогнозу за даним щоденних витрат води (взяті з автоматизованої системи АРМ-гідро) розраховуються середні за декаду витрати води \bar{Q}_{t+10} , м³/с;
5. розраховується похибка прогнозу δ за формулою $\delta = \bar{Q}_{t+10} - \bar{Q}_{t+10}$, м³/с;
6. оцінюється прогноз співвідношенням за $\delta / \delta_{доп}$.

Висновки

В результаті виконання роботи розроблено та оцінено методику короткострокових прогнозів середніх за декаду витрат води літньо-осіннього періоду (по одному опорному посту с. Тростяничик) та просторову методику (по шести постів) в басейні Південного Бугу.

Басейн річки Південний Буг, який знаходиться на території України. Річка Південний Буг належить до великих річок басейну Чорного моря, бере початок в піднесеній частині вільного подільського плато в 2 км на північний захід від с. Холодець Волочиського району Хмельницької області. Впадає в лиман Дніпро-Бугський, утворюючи нижче гирло р. Інгул (м. Миколаїв).

Клімат території помірно-континентальний. Середньорічні суми опадів коливаються від 550 мм у верхів'ях басейну до 360 мм - в гирлі. Найменша кількість опадів спостерігається в лютому, найбільша - в червні-липні. Літня і зимова межінь характеризується стійкістю, маловодістю і значною тривалістю; осінні підйоми спостерігаються після обложних дощів. Інколи межінь порушується невеликими дощовими паводками.

У басейні Південного Бугу найнижча межень властива для літньо-осіннього періоду, коли відбувається виснаження підземних вод, які формують стік. Зимова межень дещо вища внаслідок підживлення річки талими водами під час відлиг. Але в окремі роки з суворими зимами меженний стік так само низький, як і влітку. На формування меженного стоку істотно впливає господарська діяльність, особливо значна зарегульованість річок.

До найбільш вагомих висновків можна віднести такі:

1. Розробка та оцінка методики короткострокових прогнозів середньо декадних витрат води літнього та осіннього періоду в басейні Південного Бугу була здійснена так: прогноз середніх за декаду витрат води на водозборах Південного Бугу шляхом побудови (з 1980 по 2015 рр.) локальних і територіальних залежностей витрат води від попередніх витрат

води (у модулях стоку) $\bar{q}_{t+10} = f(q_t)$ окремо для червня, липня, серпня та вересня.

2. Розроблена методика короткострокових прогнозів середніх за декаду витрат води літнього та осіннього періоду в басейні Південного Бугу в оцінюється як «задовільна», критерій якості змінюється в межах S/σ_{Δ} від 0,51 до 0,76, а відсоток забезпеченості допустимої похибки $P\%$ – від 76 до 90%.

Методика просторового прогнозу середніх за декаду витрат води меженного літньо-осіннього стоку річки Південний Буг оцінюється як задовільна, так як забезпеченість допустимої похибки $P\%$ складає більше 70% (від 70% до 88%), а критерій якості та ефективності методики становить 0,76 – 0,81, тобто для червня, липня і серпня методика є «задовільною». Що стосується вересня місяця методика має незадовільну оцінку. Це пов'язано з тим, що в цьому місяці збільшується кількість опадів, які впливають на точність прогнозів. Але методика просторового прогнозу меженного літньо-осіннього стоку річки Південний Бугу дозволяє випускати прогнози середніх за декаду витрат води для будь якої річки басейну, не залежно від наявності регулярних спостережень за стоком води.

3. Складені прогнози середніх за декаду витрат води літньої межени по місяцях на р. Південний Буг – с. Тростянчик, а також прогноз середніх за декаду витрат води літньої межени по місяцях на р. Південний Буг по шести постам.

4. Оцінка справджуваності представлених результатів прогнозів середніх за декаду витрат води показала, що всі прогнози є виправданими і за критерієм якості $\delta/\delta_{дон}$ оцінюються як відмінні та добрі.

Література

1. Ресурсы поверхностных вод СССР. Описание рек и озер и расчеты основных характеристик их режима. Том 6. «Украина и Молдавия», вып. 1, Западная Украина и Молдавия (без бассейна р. Днестр) / Под ред. М.С. Каганера. Ленинград, Гидрометеиздат, 1978. 491 с.
2. Атлас України / кер. проекту Л.Г. Руденко, В.С. Чабанюк, А.І. Бочковська / Інститут географії Національної академії наук України і Товариство з обмеженою відповідальністю «Інтелектуальні системи ГЕО», 1999–2000. URL: <http://www.isgeo.kiev.ua>
3. Вишневський В. І. Косовець О. О. Гідрологічні характеристики річок України. Київ: Ніка-Центр, 203. 324 с
4. Швебс Г.І., Ігошин М.І. / Каталог річок і водойм України: Навчально-довідковий посібник. Одеса: Астропринт, 2003. 392 с.
5. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). К.: Ніка-Центр, 2010. - 316 с.
6. Клімат України / За ред. В.М.Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ: Вид-но Раєвського, 2003. – 343 с.
7. Справочник по климату СССР. Выпуск 10. «Температура воздуха и почвы», Гидрометеиздат, Ленинград, 1967. 608 с.
8. Справочник по климату СССР. Выпуск 10. «Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров», Гидрометеиздат, Ленинград, 1969. 696 с.
9. Кліматичний кадастр України (бч.). Державна гідрометеорологічна служба. Київ: 2006, електронний ресурс.: climate_cgo@inbox.ru .
10. Агрокліматичний довідник по території України / за редакцією: Т.І.Адаменко, М.І.Кульбіді, А.Л.Прокопенка. Кам'янець-Подільський: ПП Галагодза Р.С., 2011. 108 с.

11. Державний водний кадастр. Багаторічні дані про режим та ресурсиповерхневих вод суші (за 2011-2015 рр. та весь період спостережень). Частина 1. Річки. Випуск 1. Басейни Західного Бугу, Дунаю, Дністра, Південного Бугу. Довідкове видання. Київ, 2017. 465 с.
12. Методичні вказівки до чергувань з дисципліни «Гідрологічніпрогнози» по темі: «Керівництво роботи з автоматизованим робочиммісцем гідролога-прогнозиста АРМ-гідро» для студентів IV-V курсівденної форми навчання за спеціальністю “Гідрологія”./ ШакірзановаЖ.Р., Бойко В.М., Погорєлова М.П., Будкіна І.Є., Арестова О.В. Одеса, ОДЕКУ, 2012. 58 с.
13. Аполлов Б. А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Гидрологические прогнозы. Ленинград: ГИМИЗ, 1960. 410 с.
14. Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. Ленинград: Гидрометеиздат, 1974. С. 172-246.
15. Шакірзанова Ж.Р. Довгострокові гідрологічні прогнози: Конспект лекцій. Одеса: Вид-во ТЕС, 2010. 154 с.
16. Блага А. О., Методика прогнозування меженного стоку річок в басейні р. Південний Буг // Матеріали студентської наукової конференції ОДЕКУ. Одеса, ОДЕКУ. до друку.
17. Настанова з оперативної гідрології. Прогнози режиму вод суші. Гідрологічне забезпечення і обслуговування / Керівний документ. Київ.: Український гідрометеорологічний центр, 2012. 120 с.
18. Оцінювання якості методики та точності (справджуваності) прогнозів режиму поверхневих вод суші / Керівний документ. Київ: Український гідрометеорологічний центр, 2015. 70 с.
19. Збірник методичних вказівок до лабораторних занять (чергувань) в навчальному бюро гідрологічних прогнозів // Шакірзанова Ж.Р., Одеса, ОДЕКУ, 2004. 45 с.
20. Збірник методичних вказівок до чергувань в начальному бюро гідрологічних прогнозів, розділ «Короткострокові прогнози водного режима

річок» для студентів IV-V курсів денної форми навчання за спеціальністю «Гідрологія суші» / Шакірманова Ж.Р., Погорелова М.П., Будкіна І.Є. Одеса, ОДЕКУ, 2010 р. 32 с.

21. Збірник методичних вказівок до практичних занять з дисципліни "Гідрологічні прогнози" за темою «Короткострокові прогнози водного режиму річок» для студентів IV курсу очної та заочної форм навчання за напрямом 6.040105 «Гідрометеорологія», спеціальність «Гідрологія» / Шакірманова Ж.Р., Погорілова М.П., Будкіна І.Є. Одеса, ОДЕКУ, 2014. 81 с.