

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ
З ДИСЦИПЛІНИ

«ДОВГОСТРОКОВІ ГІДРОЛОГІЧНІ ПРОГНОЗИ»

за темою «Довгострокові прогнози меженного стоку річок»

для магістрів I року денної форми навчання
спеціальності 103 «Науки про Землю»,
ОПП «Гідрологія»


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

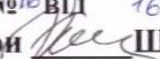
МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ
З ДИСЦИПЛІНИ

“ДОВГОСТРОКОВІ ГІДРОЛОГІЧНІ ПРОГНОЗИ”

за темою «Довгострокові прогнози меженного стоку річок»

для магістрів I року денної форми навчання
спеціальності 103 «Науки про Землю»,
ОПІ «Гідрологія»

Затверджено
на засіданні методичної комісії
гідрометеорологічного інституту
протокол №9 від 01.06. 2019 р.
Голова метод.комісії  Овчарук В.А.

Затверджено
на засіданні кафедри
гідрології суші
протокол №16 від 16.05.2019 р.
Зав.кафедри  Шакірзанова Ж.Р.

Одеса – 2019

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Довгострокові гідрологічні прогнози» за темою «Довгострокові прогнози меженого стоку річок» для магістрів I року денної форми навчання спеціальності 103 «Науки про Землю», ОПП «Гідрологія» / Укладачі: Шакірманова Ж.Р., Погорелова М.П. Одеса, ОДЕКУ, 2019. 70 с., укр. мова.

ЗМІСТ

Загальні положення.....	4
1 Теоретичні основи довгострокових прогнозів меженного стоку річок.....	9
1.1 Закономірності і фактори меженного стоку.....	9
1.2 Фізичні основи прогнозів меженного стоку.....	10
1.3 Теоретичні основи прогнозів меженного стоку.....	11
1.4 Рівняння виснаження запасів води та визначення складових меженного стоку річок.....	13
1.5 Методичні основи прогнозів і вигляд залежностей для прогнозу меженного стоку річок.....	13
1.6 Прогнози стоку за даними про запаси води в русловій мережі...	17
1.7 Методі розрахунку руслових запасів води для ділянки річки.....	18
1.8 Прогнози місячного стоку за даними про попередні витрати води.....	23
1.9 Методи розрахунку стокоформуєчих опадів.....	25
1.10 Прогнозування низького стоку у програмах ВМО.....	27
1.11 Критерії оцінки ефективності методики прогнозу і справдженості прогнозів.....	29
1.12 Практичне завдання: «Розробка методики прогнозу меженного стоку за даними про руслові запаси води (попередніми витратами води) та оцінка методики прогнозу».....	31
Контрольні запитання до практичного завдання.....	40
Перелік літератури до практичного завдання	41
Додатки.....	43

Загальні положення

Метою методичних вказівок є вироблення у магістрів розуміння суті основних методів довгострокових прогнозів меженного стоку рівнинних і гірських річок, одержання ними практичних навичок роботи з використання сучасних методів прогнозів та оцінки надійності й якості методики прогнозів і складених гідрологічних прогнозів меженного стоку річок.

Задача методичних вказівок – ознайомлення і практичне використання методів прогнозів гідрологічних характеристик рівнинних і гірських річок в період межені.

Дисципліна «Довгострокові гідрологічні прогнози» одна з найбільш важливих частин при підготовці магістрів за спеціальністю «Науки про Землю», ОП «Гідрологія» в галузі сучасної гідрології та використовується ними в їх практичній діяльності.

У результаті виконання практичних завдань з дисципліни «Довгострокові гідрологічні прогнози», магістри повинні:

знати:

- основні принципи методів гідрологічних і гідролого-сіноптичних прогнозів характеристик водних об'єктів та шляхи розробки методик на базі цих методів;
- методи, які засновані на закономірностях процесів, що відбуваються у русловій мережі (по запасам води в річковій мережі та ін.);
- методи, які засновані на закономірностях процесів стокоформування, що відбуваються на водозборі (прогнози осіннього стоку рівнинних річок по опадам та вологості ґрунту та ін.);
- методи довгострокових прогнозів, які засновані на встановленні статистичних зв'язків між основними стокоформуючими факторами;

- методи побудови локальних та територіальних методів прогнозів стоку річок;
- методи довгострокового прогнозування гідрологічних характеристик, що використовуються за кордоном та в оперативній практиці Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО);
- підходи та критерії оцінки якості та точності методик довгострокового прогнозу, вимоги до оцінки вихідної інформації і точності прогнозів в програмах ВМО;

вміти:

- ставити задачу прогнозу (згідно меті прогнозу та необхідній завчасності);
- на основі задачі прогнозу та наявності вихідної інформації обґрунтувати метод прогнозу;
- обрати шлях створення методики прогнозу за вибраним методом;
- обирати спосіб оцінки методики прогнозу;
- використовувати методи аналізу та обробки інформації, необхідної для розробки методики прогнозу;
- розробляти методики оперативного прогнозування гідрологічного режиму річок у меженний період;
- виконувати аналіз отриманих результатів за даними оцінки методики прогнозу;
- презентувати результати гідролого-інженерних досліджень у вигляді наукових звітів і презентацій, застосовуючи сучасні картографічні та графічні методи;
- співставляти різні та обирати для використання метод довгострокового прогнозу гідрологічних характеристик враховуючи рекомендації ВМО.

набути компетенцій:

- здатність прогнозувати майбутній стан водних об'єктів з використанням сучасних методів довгострокових прогнозів;
- ставити задачу прогнозу згідно меті та необхідній завчасності; обґрунтувати науковий метод довгострокового прогнозу; обирати шлях створення методики прогнозу за вибраним методом та способом його оцінки. Володіти методами коректування прогнозів при змінах поточних погодних умов;
- проводити моніторинг ризиків, пов'язаних з небезпечними природними явищами та попередження про наслідки стихійних лих.

Практичні й індивідуальні завдання входять складовою частиною у вивчення загального курсу дисципліни «Довгострокові гідрологічні прогнози» для магістрів денної форми навчання, захищаються і оцінюються за прийнятою шкалою контрольних модулів.

Програма практичних модулів

Змістовні модулі	Назва змістовного модуля	Назва теми
ЗМ-П1	Розробка методики прогнозу меженного стоку за даними про руслові запаси води (попередніми витратами води) та оцінка методики прогнозу.	1. Визначення руслових запасів води в річковій мережі при часі добігання порядку 30 діб.
		2. Визначення стокоформуючих опадів
		3. Побудова прогнозних залежностей з врахуванням кількості стокоформуючих опадів їх оцінка
		4. Методи прогнозування стоку річок на основі врахування запасів води у басейні в програмах ВМО (43.5-43.10, с.626-633) [6].

Форма контролю знань та вмінь студентів з практичних модулів

1. На практичні заняття принести папку для паперів (у вигляді швидкозшивача), стандартний папір, лінійку, мікрокалькулятор.
2. Отримати на практичних заняттях від викладача вихідні дані та методичні вказівки, ознайомитися із змістом методичних вказівок та порадами викладача.
3. Отримавши дозвіл викладача на виконання завдання, магістр обробляє вихідні дані, виконує необхідні розрахунки, будує необхідні графіки і таблиці, оформлює пояснювальну записку, письмово відповідає на контрольні запитання, що надаються в методичних вказівках.
4. Після закінчення роботи над завданням студент повинен представити пояснювальну записку, оформлені за ДСТУ 8302:2015 «Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання» графічні і розрахункові матеріали, відповісти на запитання, які ставить викладач.

5. При відповіді на запитання викладача магістру потрібно довести викладачу, що він знає і розуміє мету і задачу практичної роботи, знає фізичні і теоретичні основи методу прогнозів, який розглядався в даній роботі, знає принцип складання методики прогнозів. Відповіді та завдання оцінюються певною кількістю балів.
6. Максимальна сума балів за виконане завдання становить 10 балів.

Шкала відповідності інтегральних оцінок практичної роботи та індивідуального завдання

За шкалою ECTS	За національною системою	За системою університету (у відсотках)
A	5 (відмінно)	90 - 100
B	4 (добре)	82 – 89,9
C	4 (добре)	74 – 81,9
D	3 (задовільно)	64-73,9
E	3 (задовільно)	60-63,9
FX	2 (незадовільно)	35 – 59,9
F	2 (незадовільно)	1 – 34,9

Форма проведення консультацій викладача

Консультації викладачів, відповідальних за дисципліну «Довгострокові гідрологічні прогнози» проводяться протягом навчального семестру у вигляді співбесід та додаткового роз'яснення матеріалу. Крім того, консультації можна отримати й у дистанційній формі по Інтернету за електронною адресою кафедри гідрології суші ОДЕКУ gidro@odeku.edu.ua.

Електронна бібліотека ОДЕКУ: www.library-odeku.16mb.com, репозитарій ОДЕКУ: eprints.library.odeku.edu.ua.

1. Теоретичні основи довгострокових прогнозів меженного стоку річок

1.1 Закономірності і фактори меженного стоку

Під *меженим стоком рівнинних і гірських річок* розуміють стік літньо-осіннього і зимового періодів, коли річки отримують живлення в основному від підземних вод і лише іноді мають приток від дощів чи від танення снігу у періоди зимових відлиг [1-5].

Фактори, які впливають на формування стоку річок у межень поділяють на тимчасові і постійно діючі.

До тимчасових чинників відносять кліматичні умови (кількість опадів періоду формування стоку) та підземне живлення річок.

I. Роль *рідких опадів* в стоці річок меженного періоду залежить від кліматичних умов тої географічної зони, де розташований водозбір. У посушливих зонах суттєвий дощовий стік у межень практично відсутній. В зонах надмірного зволоження (наприклад, північні та північно-східні райони України), навпаки, дощові паводки на річках в період межені – явище часте, особливо восени. Однак, як в цій зоні бувають періоди тривалої відсутності дощу, коли річки переходять на підземне живлення, так і в посушливих зонах, взагалі в степовій частині території України, іноді буває дощове літо і осінь, коли поверхнева складова стоку стає значною.

Зимою, в зонах з м'яким кліматом, річки отримують додаткове живлення за рахунок дощів та танення снігу у періоди зимових відлиг (південні райони України).

II. *Запаси підземних вод*, які в основному й обумовлюють межений стік, складаються з двох джерел вод: глибинних (напірних) та ґрунтових вод.

Доля глибинного підземного живлення обумовлена геологічною та гідрогеологічною будовою водозборів, воно достатньо стале і може бути визначено за мінімальними витратами води літньої або зимової межені.

Ґрунтове живлення відбувається за рахунок першого від поверхні безнапірного водоносного горизонту, має сезонні коливання, поповнення ґрунтових вод здійснюється в період весняних водопіль.

Суттєвий вплив на режим річок в межень мають й **постійно діючі фізико-географічні фактори**: рельєф, площа водозборів, глибина перерізу русла, наявність озер та боліт.

I. Чим більший розмір водозбору, тим більш плавно відбуваються зміни в режимі річки. Так, в степовій зоні на великих річках дощові паводки слабо виражені, але ж на малих – вони можуть бути катастрофічно високими.

II. Озера та болота на водозборах перерозподіляють сезонний стік, збільшуючи його у меженний період.

Встановлення строків початку періоду межені, тобто моменту завершення потрапляння припливу сезонних дощових та тало-дощових вод в річкову мережу залежить: на рівнинних річках від строків сходу снігу у басейні і максимального часу добігання води по руслах річок, а також від розмірів, заболоченості, залісеності басейнів; на гірських – від висотного положення водозборів і розподілу стоку протягом року (при збільшенні висоти строки закінчення весняно-літнього водопілля спостерігаються пізніше).

1.2 Фізичні основи прогнозів меженного стоку

Особливості гідрологічного режиму річок у ***літньо-осінній період*** визначається двома факторами:

- характером підземного живлення та
- поверхневим стоком дощових опадів.

Взимку водність річок обумовлена в основному підземним живленням, а також припливом тало-дощових вод при наявності зимових відлиг. Тому для прогнозу елементів водного режиму річок у меженний період необхідно встановити закономірності виснаження підземних вод та характер поверхне-

вого стоку і, на цій основі, визначити параметри зв'язків стоку з факторами, які його визначають (з врахуванням місцевих особливостей даного водозбору).

При значній ролі дощових опадів, зміни у режимі меженного періоду обумовлені підйомом рівнів води і формуванням паводків на річках або підвищенням меженного стоку, особливо для великих річок.

Оцінити дощову складову меженного стоку можливо через кількість опадів і показник водо поглинаючої здатності (вологості) ґрунтів перед початком дощу. За останній може бути прийнятий початковий запас води у річковій мережі.

Таким чином, фізичні основи прогнозів стоку річок у межень витікають з загальних закономірностей формування стоку в цей період – повільного виснаження сезонних запасів води у річковому басейні та поверхневого припливу дощових (талих) вод. Перший фактор є основним, який взагалі визначає можливість довгострокового прогнозу меженного стоку, виходячи з вже складених умов у річковому басейні. Точність та завчасність довгострокових прогнозів знижується в умовах, коли дощова чи тала складові живлення річки у період межень доволі значні і можуть бути оцінені лише за довгостроковим синоптичним прогнозом.

1.3 Теоретична основа прогнозів меженного стоку

Об'єм літньо-осіннього меженного стоку (середня витрата води) за деякий період часу Δt , який перевищує максимальний час добігання води τ_{max} по руслах річок можна представити рівнянням

$$Q\Delta t = Q_r \Delta t + Q_d \Delta t + W_{t_0}, \quad (1.1)$$

де $Q\Delta t$ – меженний стік за час Δt ;

$Q_r \Delta t$ і $Q_d \Delta t$ – стік річок, обумовлений відповідно припливом підземних і дощових (поталих) вод;

W_{t_0} - запас води в річковій мережі в початковий момент часу t_0 .

Для періоду зимової межени за наявності зимових відлиг дощова складова $Q_d \Delta t$ замінюється тало-дощовою $Q_{mд} \Delta t$ і рівняння має вигляд:

$$Q \Delta t = Q_r \Delta t + Q_{mд} \Delta t + W_{t_0}. \quad (1.2)$$

На сьогодні з складових рівняння (1.1) і (1.2) з достатньою точністю можна визначити лише запас води в річковій мережі W_{t_0} (наприклад, за гідрометричними або морфометричними даними). Ця складова має суттєве значення для крупних річок з максимальним часом руслового добігання, який дорівнює або перевищує період завчасності прогнозу. За відсутності даних для розрахунку руслових запасів води, величину W_{t_0} можна приблизно оцінити через витрату води в замикаючому створі в момент часу t_0 .

Підземну та дощову складові стоку за період завчасності прогнозу визначити значно важче ніж W_{t_0} , особливо для великих річок, де дощовий стік дуже слабо виражений.

Дощовий приплив води $Q_d \Delta t$ може бути отриманий через кількість опадів, які приймають участь у формуванні стоку розглядуваного періоду.

У зв'язку з цим для прогнозів меженного стоку рівняння (1.1) і (1.2) не можуть бути використані безпосередньо. Тому в практиці гідрологічних прогнозів будуються емпіричні залежності меженного стоку від факторів, які його визначають. При цьому краща якість прогнозів отримується для річок з незначною долею дощового стоку і для великих річок лісостепової і степової географічних зон.

1.4 Рівняння виснаження запасів води та визначення складових меженного стоку річок

Формування стоку в меженний період відбувається за рахунок виснаження як запасів ґрунтових вод, так і руслових запасів, які ще залишаються у річковій мережі, озерах та болотах після припинення подачі поверхневих тало-дощових вод весняного водопілля.

Спад витрат води у часі за рахунок виснаження цих запасів води можна описати рівнянням вигляду

$$Q(t) = (Q_0 - q) \exp(-\alpha t) + q, \quad (1.3)$$

де Q_0 - витрата води в річці в початковий момент часу t_0 , м³/с;

q - базисна витрата, яка обумовлена глибоководним живленням, м³/с;

t - час в добах від моменту часу t_0 , на який приймається початкова витрата води Q_0 ;

α - параметр, який є показником інтенсивності виснаження підземних вод.

Параметри α і q залежать від гідрогеологічних умов і змінюються для різних за площею басейнів. Так, параметр α зменшується зі збільшенням площ водозборів та змінюється з року в рік у зв'язку зі змінами запасів ґрунтових вод.

1.5 Методичні основи прогнозів і вигляд залежностей для прогнозу меженного стоку річок

Основи складання прогнозів. Методичні основи довгострокових прогнозів меженного стоку витікають з закономірностей виснаження запасів води в річковому басейні. Закономірне зменшення підземного живлення під час меженного періоду обумовлює (при незначній долі поверхневого стоку) наявність кореляційного зв'язку між попередньою витратою води в момент t_0 і витратою води в наступний період її зміни. Цю закономірність використовую-

ють для прогнозу меженного стоку чи середніх місячних витрат і рівнів води у річках.

Існують два підходи до розробки методики довгострокового прогнозу: 1) при вирішенні рівняння виснаження запасів води в річковому басейні; 2) при побудові емпіричних (статистичних) залежностей меженного стоку розглянутого періоду (місяць, сезон, квартал) з врахуванням запасів води в річковому басейні та додаткового дощового живлення.

Можливість якісних довгострокових прогнозів літньо-осіннього стоку по початковій витраті води за рівнянням (1.3) існує для басейнів річок, де доля дощового стоку періоду завчасності прогнозу мало відчутна і не порушує кривої виснаження.

Коли дощова складова у межень суттєва, складання прогнозів з великою завчасністю (сезон, квартал, місяць) має певні обмеження у зв'язку з відсутністю метеорологічного прогнозу опадів на такий тривалий період.

Етапи розробки методики прогнозу та загальний вигляд прогнозних залежностей меженного стоку. Розробка методики прогнозу на основі рівняння виснаження запасів води в річковій мережі в літній, осінній або зимовий період включає наступні етапи:

1. Збір, аналіз та обробка вихідної гідрометеорологічної інформації, оцінка дощової чи тало-дощової складових стоку періоду завчасності прогнозу

2. Побудова прогнозних залежностей для місячних або декадних витрат води за період межені. Такі залежності будують окремо для кожного місяця літньо-осіннього періоду, враховуючи тим самим особливості витрат води в різні місяці, які пов'язані з температурним режимом, режимом вологості, різною фазою розвитку рослинності і умовами транспірації та ін. в теплий період року.

3. Отримання параметрів прогнозної схеми в умовах конкретного водозбору річки.

4. Визначення частки дощового живлення через розрахунок стокоформуючих опадів періоду завчасності прогнозу або введення нормальної добавки сезонного або місячного поверхневого дощового стоку. Така добавка отримується шляхом зрізки гідрографу по типовій кривій виснаження руслових запасів води, тобто як частка стоку над гарантійною кривою стоку і осереднюються за багаторічний період спостережень.

5. Виконання оцінки ефективності та якості методики прогнозу, точності складених за методикою прогнозів по незалежних матеріалах шляхом визначення допустимої похибки прогнозів [7-9].

У теперішній час для прогнозу меженного стоку (наприклад, середніх витрат води за період часу Δt) найбільш часто використовуються залежності вигляду:

- для зони недостатнього зволоження при невеликій кількості опадів або малій змінності їх кількості у літньо-осінній період:

$$Q_{t+\Delta t} = f(W_t), \quad (1.4)$$

або

$$\bar{Q}_{t+\Delta t} = f(Q_t), \quad (1.5)$$

- для зони достатнього зволоження при значних опадах у літньо-осінній період:

$$\bar{Q}_{t+\Delta t} = f(W_t, X), \quad (1.6)$$

або

$$\bar{Q}_{t+\Delta t} = f(Q_t, X), \quad (1.7)$$

де $\bar{Q}_{t+\Delta t}$ – середня витрата води за період часу Δt , м³/с;

W_t - запас води в річковій мережі на дату випуску прогнозу t , м³;

Q_t - витрата води у замикаючому створі річки на дату випуску прогнозу t , м³/с;

X - кількість опадів періоду завчасності прогнозу Δt середніх витрат води, мм.

Коли дощовий стік суттєвий, прогнозна залежність місячного стоку від кількості опадів, які приймають участь в його формуванні та витрати води в замикаючому створі перед початком місяця у вигляді (1.7) має вигляд, що показаний на рис.1.1.

Слід зазначити, що за дату t , на яку визначаються величини W_t або Q_t , тобто дату складання прогнозу місячного стоку, приймається 20-те, 25-те чи 30(31)-те число попереднього місяця, що залежить від характеру і часу спорожнення руслової мережі басейну.

\bar{Q}_{t+30} , м³/с

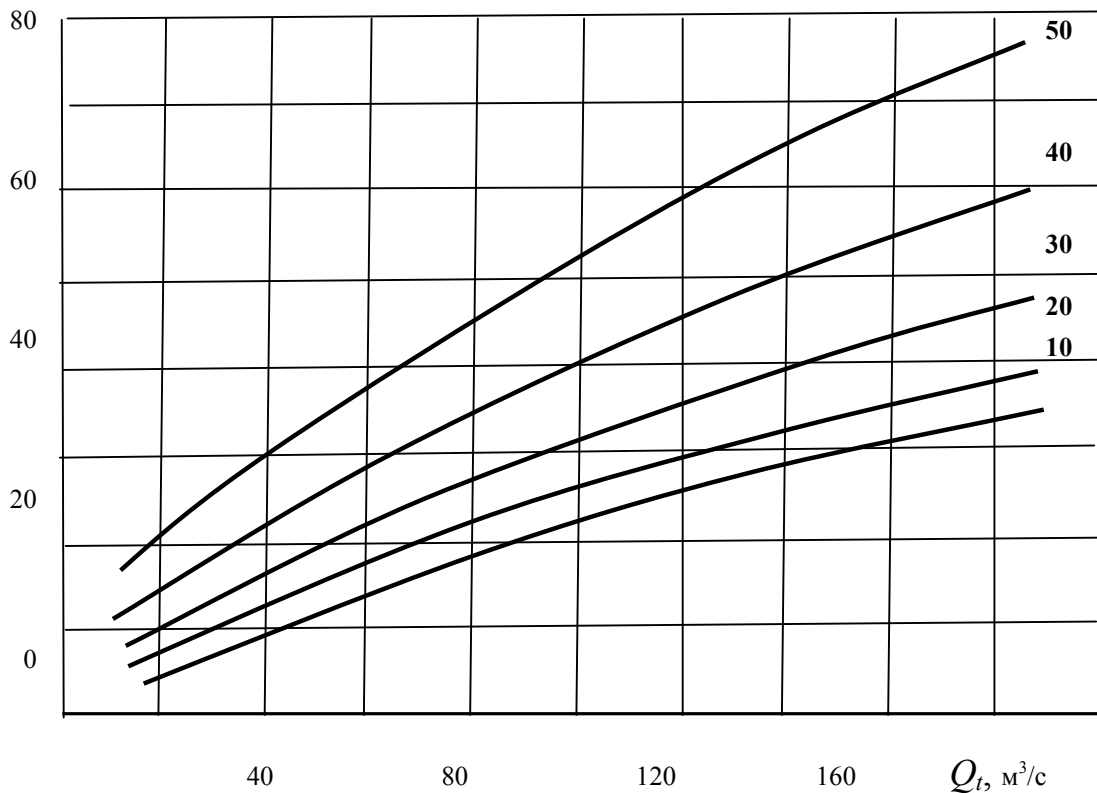


Рис. 1.1 – Загальний вигляд залежності місячного стоку літньо-осіннього періоду (\bar{Q}_{t+30}) від витрати води в початковий момент часу (Q_t) і кількості опадів (X)

1.6 Прогнози стоку за даними про запаси води в русловій мережі

Теоретичною основою прогнозів стоку меженного періоду є рівняння виснаження об'єму руслових запасів води W_t , які знаходяться в річковій ємності на момент часу t . Об'єм води в русловій системі W включає до себе запаси води на окремих її ділянках

$$W_t = W_{1,t} + W_{2,t} + \dots + W_{n,t} \quad (1.8)$$

де W_t – запас води в русловій мережі у момент часу t , м³;

$W_{i,t}$ – запас води на i -й ділянці розглядуваної річкової системи у момент часу t , м³;

n – кількість ділянок.

Об'єм води W_t , який відповідає певному ступеню наповнення русла, пов'язаний з витратами води в усій річковій мережі на даний момент часу. При виснаженні руслових запасів води W_t через замикаючий створ середня витрата води в ньому формуватиметься за період максимального часу добігання води в басейні.

Тоді

$$\bar{Q}_{t+\tau_{\max}} = \frac{W_t}{\tau_{\max}}, \quad (1.9)$$

За відсутності суттєвого припливу дощових вод в період завчасності прогнозу між русловим запасом води і середньою витратою води за деякий період існує кореляційна лінійна залежність вигляду:

$$\bar{Q}_{t+\tau_{\max}} = aWt. \quad (1.10)$$

Період $(t + \tau_{\max} = T)$, на який дається прогноз середньої витрати води, за рахунок повільного виснаження руслових запасів води дорівнює або перевищує спорожнення руслової мережі.

Якщо період завчасності прогнозу $T \geq \tau_{\max}$, то розрахунок W_t ведеться для всієї річкової мережі. У випадку ж коли $T \leq \tau_{\max}$ – враховуються руслові запаси W_t лише на тій частині басейну, яка обмежена ізохроною добігання води по руслах річок на рівні T діб. Наприклад, при прогнозуванні середньомісячних витрат води \bar{Q}_{t+30} по залежності

$$\bar{Q}_{t+30} = f(W_t), \quad (1.11)$$

при $\tau_{\max} > 30$ діб, об'єм води в руслах річок W_t підраховується лише на частині водозбору, обмеженій ізохроною 30 діб.

Методи розрахунку руслових запасів води для річкової системи розглянуті в навчальній літературі [1-5].

1.7 Методи розрахунку руслових запасів води для ділянки річки

Розрахунок руслових запасів за морфометричними даними.

Якщо по довжині ділянки є дані про поперечні профілі русла та пойми, то об'єм води на ділянці можна обчислити як

$$W_i = \frac{\omega_H + \omega_B}{2} L = \bar{\omega} L, \quad (1.12)$$

де ω_H, ω_B - площа живого перерізу відповідно у нижньому та верхньому створах;

L - довжина ділянки.

Площа водного перерізу на кожній ділянці визначається по графіку зв'язку її з рівнем води $\bar{\omega}_i = f(\bar{H}_i)$. Далі будують криву об'ємів $W_{i,t} = f(\bar{H}_{i,t})$ де $\bar{H}_{i,t}$ - середній рівень води на ділянці у момент часу t .

При відсутності спостережень морфометричні характеристики визначаються на основі моделей річкової мережі. Запропонована низка приблизно рівноцінних моделей річкової мережі.

Середня довжина потоку n -го порядку L_n дорівнює різниці середньої довжини річок n -го та $(n-1)$ -го порядків

$$L_n = L_n - L_{n-1} . \quad (1.13)$$

Визначивши характеристики потоків та їх кількість у групі кожного порядку, можна приблизно обчислити запас води в русловій мережі n -го порядку за виразом

$$W = l_1 \omega_1 N_1 + l_2 \omega_2 N_2 + \dots + l_n \omega_n N_n = \sum_{n=1}^S l_n \omega_n N_n , \quad (1.14)$$

де l_1, l_2, \dots, l_n і $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ - середні значення довжини та площі поперечного перерізу потоків від I -го до n -го порядків;

N_1, N_2, \dots, N_n - кількість потоків від I -го до n -го порядків;

S - максимальний порядок потоку даної річкової мережі, тобто порядок цієї мережі.

Розрахунок руслових запасів води за гідрометричними даними.

Визначення руслових запасів на ділянках річок за наявністю гідрометричних даних можна виконувати трьома способами:

1) *За рівнянням водного балансу води для ділянки річки*

$$\Delta W = [Q_H - (Q_B + Q_{IP})] \Delta t , \quad (1.15)$$

де ΔW - зміна руслових запасів води на ділянці за інтервал часу Δt ;

Q_H, Q_B, Q_{IP} - відповідно витрати води у нижньому і верхньому створах та боковий приплив.

Підсумовуючи ΔW за ряд послідовних інтервалів часу Δt , дістаємо об'єм руслових запасів води W понад початковим об'ємом. Потім будується графік залежності (крива руслових запасів)

$$W = f(Q_{сер}), \quad (1.16)$$

де $Q_{сер}$ - середня витрата води на ділянці за інтервал часу Δt .

Розрахунок середньої витрати води на ділянці ведеться в залежності від характеру ділянки, розміщення гідрометричних створів, конфігурації басейну, типу та величини бокового припливу.

На безприпливній ділянці за наявності на її кінцях гідрометричних створів середня витрата визначається так

$$Q_{сер} = \frac{Q_B + Q_H}{2}, \quad (1.17)$$

за наявності тільки одного створу:

$$Q_{сер} = k \cdot Q_H, \quad (1.18)$$

де k - часто дорівнює 0,5.

У ряді випадків середня витрата може визначатись як середньозважена:

$$Q_{сер} = k \cdot Q_B + (1 - k) \cdot Q_H. \quad (1.19)$$

На припливній ділянці річки середня витрата води \bar{Q} визначається

$$\bar{Q} = \frac{Q_B + Q_H + Q_{пр}}{2}. \quad (1.20)$$

2) По середньозваженій чи середній витраті води ведеться як

$$W = \bar{\tau} \cdot Q_{сер} , \quad (1.21)$$

де τ - середній час руслового добігання на розглядуваній ділянці русла, д.

Тут час добігання визначається як середнє арифметичне із величини часу добігання від верхніх створів до нижнього

$$\tau = \sum_1^m \tau_i / m \quad (1.22)$$

або як середнє зважене;

m - число верхніх (вхідних) створів.

3) За витратами води в замикаючому створі під час спаду повені (наводка), коли нема значного припливу з поверхні басейну та йде вичерпання руслових запасів вода. Для цих випадків справедливе співвідношення

$$(W_t - W_r) / 86400 = \sum_t^{t_{cn}} (Q_t - Q_2) , \quad (1.23)$$

де W_t - об'єм руслових запасів у всій русловій мережі в t -у добу, підраховуючи від початку спаду;

t_{cn} - тривалість спаду, доба;

Q_t - середня витрата води t -у добу;

Q_2 - середньодобова витрата води ґрунтового живлення за час

W_2 - об'єм води в руслі за рахунок ґрунтового живлення

$$W_2 = Q_2(t_{cn} - t) . \quad (1.24)$$

Розрахунок за формулою (3.31) принципово дає дійсні запаси води у всій русловій мережі, але за відсутності припливу води зі схилів за весь період спаду паводка (повені).

Спосіб Р.О. Нежиховського, який поєднує при розрахунку руслових запасів води морфометричні та гідрометричні дані. За цим способом запаси води у руслі визначаються окремо для річок великих (довжиною більше ніж 100-150 км), середніх (від 10 до 100-150 км) та малих (до 10 км, включаючи водотоки у балках та ярах).

Для підрахунку запасів води в мілкій та середній русловій мережі автор використовує морфометричні характеристики - довжину та площу.

До кожної групи віднесені річки, обмежені створами, віддаленими від витоків на 10, 20 і т.д. км. Для визначення запасів води в середніх та малих річках запропонована формула

$$W_{0-100} = \frac{q_{cp}}{v_{cp}} (0.5f_0n_0 + f_{10}n_{10} + \dots + f_{90}n_{90} + 0.5f_{100}n_{100}) \cdot 10^4, \quad (1.25)$$

де q_{cp} та v_{cp} - осереднені по басейну модуль стоку та швидкість руху води в руслах річок;

n - число створів, що знаходяться на рівному віддаленні від витоків річок,

n_0 - кількість витоків з площами водозборів f_0 ;

n_{10}, \dots, n_{100} - кількість створів, що віддалені від витоків на 10, ..., 100 км;

f_{10}, \dots, f_{100} - середня площа водозборів, що замикають створи рівновіддалені від витоків.

Для визначення середньої площі водозбору запропонована залежність

$$f_i = 0,58 i^{1,78} \quad (1.26)$$

де f_i - середня площа водотоку кожної i -ої градації.

1.8 Прогнози місячного стоку за даними про попередні витрати води

Розробка методики довгострокового прогнозу місячного стоку за даними про попередні витрати води в створі річці може вестися на основі рішення рівняння виснаження запасів води в річковому басейні (1.3) і встановлення його параметрів, але шляхом побудови емпіричної залежності місячного стоку від попередньої витрати води.

Побудова емпіричної залежності місячного стоку від попередньої витрати води зводиться до встановлення таких статистичних зв'язків і отримання їх параметрів, що задовольняють вимогам, яким потрібна відповідати методика прогнозу.

1. Наявність залежності виду $Q_{n+1}=f(Q_n)$ для конкретної річки встановлюється шляхом побудови такої залежності за даними багаторічних спостережень та оцінки точності отриманої прогнозної залежності.

2. Такі залежності, встановлюються для окремих місяців літньо-осіннього періоду, а при можливості можуть бути об'єднані в єдину вибірку, що дозволяє більш достовірно оцінити ступінь надійності емпіричних зв'язків, отриманих для окремих місяців.

3. Точність прогнозів при цьому буде тим вища, чим менший вплив дощів на стік меженного періоду в даному районі дослідження.

4. За початкову витрату води Q_n (або Q_0) приймають на останній день попереднього відносно розрахункового місяця (декади) або середнє значення витрати води Q_n у замикаючому створі за декілька днів перед початком місяця, на який дається прогноз стоку. Взагалі цей період приймається рівним 5-10 днів, а в деяких випадках – до 30 днів.

При значній ролі опадів у літньо-осінній період необхідним є врахування дощової складової стоку. Головні труднощі при необхідності врахування поверхневого стоку в прогнозах середньомісячних витрат води полягають не тільки в складності розрахунку дощового стоку, а й обмежених

можливостей прогнозу опадів з великою завчасністю. При цьому точність прогнозів дощового стоку буде визначатися точністю прогнозу опадів. В практиці гідрологічних прогнозів визначення дощової складової стоку може виконуватися у двох варіантах.

Перший з них полягає в розрахунку деякого мінімального (гарантованого) місячного або квартального стоку Q_{gap} і оцінку дощової або талодощової Q_d складових. Їх сумування буде визначати очікувану середню витрату води

$$\bar{Q}_{t+\Delta t} = Q_{gap} + Q_d. \quad (1.27)$$

Другий шлях заснований на встановленні кількості опадів за період завчасності прогнозу та їх врахуванні в залежності для прогнозу середньої витрати води у вигляді

$$\bar{Q}_{t+\Delta t} = f(W_t, X), \quad (1.28)$$

де X – кількість опадів (мм), які встигають взяти участь у формуванні стоку розглядуваного періоду, але випали на поверхню водозбірної площі в різний час – **стокоформуючі опади**, тобто опади, з якими генетично пов'язана дощова складова стоку за період прогнозу.

Визначення кількості стокоформуючих опадів відбувається за методами при різній деталізації їх розподілу у часі та по площі водозбору, а вираження їх при прогнозі можливе в сучасних формах представлення місячних і сезонних прогнозів погоди, наприклад, у вигляді відхилень від кліматичної норми або відношення до норми.

Рекомендації і методи, які використовуються в практиці прогнозів при розрахунку кількості стокоформуючих опадів розглянуті в навчальній літературі [1-5].

1.9 Методи розрахунку стокоформуючих опадів

Існують два методи розрахунку стокоформуючих опадів: *метод ізохрон* і *метод М.І. Гуревича*.

Метод ізохрон заснований на розрахунку добігання опадів з водозбору до замикаючого створу тільки поверхневим шляхом по руслах річок, в методі М.І.Гуревича враховується потрапляння дощових опадів не тільки по руслу, а й підземним шляхом.

Метод ізохрон. Якщо водозбір поділений ізохронами добігання стоку на окремі площі, з однаковим часом добігання дощової води з них, опади рівномірно і одночасно покривають весь басейн, розрахунок стокоформуючих опадів в i -тій момент часу ведеться за формулою

$$X_i = f_1 X_i + f_2 X_{i-1} + \dots + f_n X_{i-n+1}, \quad (1.29)$$

де $f_1 X_i, f_2 X_{i-1}, \dots, f_n X_{i-n+1}$ - середній шар опадів, які випадали в межах n міжізохронних площ водозбору, відповідно на f_1, f_2, \dots, f_n , причому $f_1 + f_2 + \dots + f_n = 1$.

В методі М.І.Гуревича приймаються ті ж самі умови, що і в попередньому розрахунку, однак враховується неодноразовість потрапляння до замикаючого створу опадів з кожної міжізохронної площі за рахунок поверхневого та підземного стоку.

Розподіл за часом припливу в руслову мережу дощової води у вигляді опадів X_i , які випали в розрахункову одиницю часу i виражається коефіцієнтами *частинної кривої виснаження* $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \dots, \varphi_m$, де m - число інтервалів часу в результаті поверхневого та підземного стоку дощових опадів.

Якщо перенести криві виснаження стоку на гідрографи у періоди дощових паводків, різниця ординат двох суміжних кривих вважається величиною часток дощового стоку від опадів (Y_j), які випали у початковий

період часу. Відношення величини цього стоку до загальної його величини (Y) визначають коефіцієнти $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \dots, \varphi_m$, як

$$\varphi_j = Y_j / Y. \quad (1.30)$$

При цьому існує закономірність у співвідношенні коефіцієнтів:

$$\varphi_1 > \varphi_2 > \varphi_3 > \dots > \varphi_m, \text{ а } \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \dots + \varphi_m = 1,$$

причому φ_1 має найбільше значення – 0.6-0.8, тобто основний приплив відбувається у перший період часу (декаду).

Розрахунок опадів, які впливають на формування стоку розглядуваного періоду ведеться за формулою вигляду:

$$\begin{aligned} X_i = & f_1(\varphi_1 X_i + \varphi_2 X_{i-1} + \dots + \varphi_m X_{i-n+1}) + \\ & + f_2(\varphi_1 X_{i-1} + \varphi_2 X_{i-2} + \dots + \varphi_m X_{i-m}) + \dots + \\ & + f_n(\varphi_1 X_{i-n+1} + \varphi_2 X_{i-n} + \dots + \varphi_m X_{i-n-m-2}). \end{aligned} \quad (1.31)$$

В прогностичних залежностях $\bar{Q}_{t+\Delta t} = f(W_t, X)$ або $\bar{Q}_{t+\Delta t} = f(Q_t, X)$ перший аргумент включає ті опади, які випали на водозбір і вже встигли досягнути замикаючого створу, інші величини опадів безпосередньо братимуть участь у формуванні стоку $\bar{Q}_{t+\Delta t}$.

Отже, загальна сума опадів X (мм), стік яких досягнув замикаючого створу у розрахунковий період Δt (наприклад, місяць) складається

$$X = X_{\varphi_1} + X_{\varphi_2} + X', \quad (1.32)$$

де X_{φ_1} - фактична сума опадів, які випали до дати складання прогнозу і частково впливають на $\bar{Q}_{t+\Delta t}$ через величини W_t або Q_t , якими вони враховуються;

X_{ϕ_2} - фактична сума опадів, які також відомі в дату випуску прогнозу, але не встигли досягнути замикаючого створу к моменту t , тобто к строку, до якого відносяться величини W_t або Q_t і не враховуються ними;

X' - сума опадів, які випали на водозбір вздовж місяця, на який складається прогноз стоку і невідомі на дату випуску прогнозу, визначається як середньобогаторічне значення або приймається в залежності від довгострокового прогнозу погоди.

Тривалість періоду сумування розглядуваних видів опадів визначається завчасністю прогнозу по залежностях $\bar{Q}_{t+\Delta t} = f(W_t, X)$ або $\bar{Q}_{t+\Delta t} = f(Q_t, X)$ та часом руслового добігання дощових вод. Але ж при побудові прогнозних залежностей по даних багаторічних спостережень всі види опадів завжди приймаються фактичними.

1.10 Прогнозування низького стоку у програмах ВМО

Коротко- і середньострокові прогнози низького стоку ґрунтуються на характеристиках виснаження стоку в басейні. У деяких випадках потрібно облік особливих обставин, які можуть спотворювати криву виснаження стоку в порівнянні з середньою кривою. Наприклад: антропогенний вплив, таке, як забір води на зрошення; локальні відмінності зволоженості водозбору, що приводять до того, що базисний стік формується не з усього водозбору, а з його окремих частин; сезонні коливання, обумовлені розвитком водної рослинності; вплив приток [6].

Довгострокові прогнози низького стоку зазвичай ґрунтуються на методах кореляційного або регресійного аналізу з використанням ґрунтової вологи і кліматичних факторів, таких як дощові опади і температура повітря, як визначальних змінних. У багатьох випадках в опадах за попередній період виділяються окремі сезонні складові, які входять в рівняння зв'язку з віднос-

ними ваговими коефіцієнтами. Виділення сезонних опадів допомагає також визначити час запізнювання в системі опади - стік [10, 11].

У річках, де підземні води є головним компонентом загального стоку, витрата води в джерелах може служити корисною визначальною змінною, що характеризує запаси підземних вод. Приклади прогнозування низького стоку річок за характеристиками умов водоносних горизонтів представлені Бюро досліджень в галузі геології і мінеральних ресурсів в *Situation hydrologique et prevision de bases eaux* [12] (Гідрологічна ситуація і прогноз низького стоку). Низький стік річок, витрати води яких формуються в основному за рахунок сніготанення за попередній період, прогножуються з використанням характеристик снігового покриву, таких, як запас води в снігу, або по зв'язках з просторовим розподілом снігового покриву.

Як правило, для довгострокового прогнозування низького стоку використовуються прийоми математичної статистики. Для підготовки прогнозу можна використовувати матричні методи умовних переходів або прогностичні рівняння типу [13]

$$Q_{t+1} = Q_{t+1} | Q_t + kP, \quad (1.33)$$

де Q_{t+1} — витрата води, що прогнозується;

$Q_{t+1}|Q_t$ — витрата води за умови відсутності дощу, т. е. на галузі спаду гидрографа в період між t і $t + 1$;

P - дощові опади, що дають добавку до стоку в момент часу $t + 1$;

k - перехідний коефіцієнт.

Іншим підходом є використання довгострокових рядів стоку або водно-балансових моделей, заснованих на історичних кліматологічних даних для забезпечення імовірнісних прогнозів низького стоку.

Крім цього, для прогнозування низького стоку потрібні оцінки фільтрації води в берега і випаровування з водної поверхні. Це особливо важливо при прогнозуванні впливу попусків води з водосховища, а також впливу інших водогосподарських заходів.

Опис методів прогнозів низького (меженного) стоку річок здійснено за літературним джерелом «Руководство по гидрологической практике. Сбор и обработка данных, анализ, прогнозирование и другие применения. – Всемирная Метеорологическая Организация (ВМО - №168)» [6].

1.11 Критерії оцінки ефективності методики прогнозу і справджуваності прогнозів

Згідно «Наставленню по службе прогнозів» [7], «Настанові з оперативної гідрології» [8] та Керівного документу «Оцінювання якості методики та точності (справджуваності) прогнозів режиму поверхневих вод суші» [9], справджуваність гідрологічних прогнозів встановлюється співставленням похибок прогнозів з допустимою похибкою. Прогноз вважається надійним, якщо його похибка менша або дорівнює допустимій.

За **похибку прогнозу** δ приймається різниця між фактичним значенням величини \bar{Q}_{t+10} і значенням, вказаним в прогнозі \bar{Q}'_{t+10}

$$\delta = \bar{Q}_{t+10} - \bar{Q}'_{t+10}. \quad (1.34)$$

За **допустиму похибку прогнозу** середніх, мінімальних і максимальних рівнів (витрат) води на календарні періоди приймається найменша з ймовірних відхилень $+0,674\sigma$ і $-0,674\sigma_{\Delta}$, де σ - середнє квадратичне відхилення від норми; σ_{Δ} - середня квадратична зміна рівнів (витрат) води за період завчасності прогнозів, що обчислюються за формулами:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n - 1}}, \quad (1.35)$$

$$\sigma_{\Delta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta_i - \bar{\Delta})^2}{n-1}}, \quad (1.36)$$

де y_i - дане значення явища в багаторічному ряді спостережень; y - число членів багаторічного ряду;

Δ_i - різниця між початковим і кінцевим значеннями явища за період завчасності прогнозу;

Δ - норма цієї різниці;

n — число членів ряду.

Яка з величин σ або σ_{Δ} менше, може бути вирішено без розрахунку, виходячи з характеру зв'язку початкової і прогнозованої витрати (рівня):

а) якщо кутовий коефіцієнт лінії зв'язку між вказаними величинами менше 0,5, то $\sigma < \sigma_{\Delta}$;

б) якщо коефіцієнт більше 0,5, то $\sigma > \sigma_{\Delta}$;

в) за відсутності зв'язку між початковою і прогнозованою витратою (рівнем) $\sigma \approx \sigma_{\Delta}$.

У нашому випадку кутовий коефіцієнт лінії зв'язку між початковою і прогнозованою витратою менше 0,5, отже $\sigma < \sigma_{\Delta}$. Отже, допустима похибка прогнозу визначається за формулою

$$\delta_{\text{дон}} = \pm 0,674\sigma \quad (1.37)$$

Методика може використовуватись на практиці, якщо вона буде достатньо точною. Мірою її точності є середньоквадратична похибка S . При великій кількості членів ряду

$$\bar{S} = \sqrt{\frac{\sum \delta^2}{n}} \quad (1.38)$$

За критерій застосовності і якості методики береться відношення S/σ або S/σ_{Δ} , тобто відношення середньої квадратичної похибки перевірочних прогнозів до квадратичного відхилення величини, що передбачається.

Також оцінюється забезпеченість похибок прогнозу $P, \%$. Вона обчислюється за формулою

$$P = \frac{m - n}{n} 100\%, \quad (1.39)$$

де n - число членів ряду.

1.12. Практичне завдання

Розробка методики прогнозу меженного стоку за даними про руслові запаси води (попередніми витратами води) та оцінка методики прогнозу

Мета роботи: Розробити методику прогнозу меженного стоку за даними про руслові запаси води (попередніми витратами води) та виконати оцінку методики прогнозу.

Завдання:

- одержання вихідної багаторічної гідрометеорологічної інформації з Режимних видань та бази даних Українського гідрометцентру, що сформована в автоматизованій системі АРМ-гідро;
- формування бази вихідних даних у електронному та паперовому варіанті;
- складання формули для розрахунку руслових запасів води в річковій мережі;
- розробити методику прогнозу меженного стоку за даними про руслові запаси води або попередніми витратами води;
- виконати оцінку методики прогнозу.

Вихідні дані, що використовуються в роботі:

- карто-схеми ізохроні добігання води в басейні річки;
- щорічні дані гідрологічних та метеорологічних спостережень на метеостанціях і гідрологічних постах в басейні річки.

Приклад розробки методики прогнозу середньопентадних витрат води за період літньо-осінньої межени наданий для завчасності 5 діб (короткостроковий прогноз), але схема розробка методики і складання оперативних прогнозів зберігається і при завчасності прогнозу 30 діб (довгостроковий прогноз).

Об'єкт дослідження. Басейн р. Південний Буг розташований на території Української височини та Причорноморської низовини. Річка Південний Буг бере початок з боліт Кам'янець-Подільської області.

Довжина річки 500 км, загальна площа басейну становить 63740 км², до створу Первомайської ГЕС (Підгір'є) – 27499 км². Басейн має різко виражену асиметричну форму в бік лівобережжя.

Клімат території помірно-континентальний. Циклони, які надходять з Атлантики, Середземного та Чорного морів в холодний час року, обумовлюють часті відлиги. 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.

Живлення річки сніго-дошове. Річний хід рівнів води характеризується різко вираженим піком весняного водопілля і порівняно плавним ходом рівнів води в останній час року. На формування весняного водопілля біля с. Олександрівка значно впливає річка Синюха: при одночасному сніготаненні водопілля біля Олександрівки має один пік, а при неодноразовому – два піки.

Прогноз об'єму стоку річки Південний Буг необхідний для планування робіт Первомайської ГЕС.

Для розробки методики прогнозу середньопентадних витрат води для р.Південний Буг – с. Підгір'я були взяті витрати води за період з 30.06 до 31.10 за 2000 - 2010 рр. Вихідні дані представлені в дод.А.

Прогноз середньопентадних витрат води складається 30(31), 5, 10, 15 числа кожного місяця на подальшу пентаду. Для складання прогнозу необхідно визначити:

Визначення руслових запасів води. Руслові запаси води (W_n):

$$- \text{ до Підгір'я } W_n = W_1 + W_2 + W_3, \quad (1.40)$$

де W_1, \dots, W_3 - об'єми руслових запасів води на окремих ділянках річки.

Основною при розробці прогнозу витрат води для р. Південний Буг являється карта ізохрони руслового добігання води у басейні до замикаючого створу, яка є вихідною в даній роботі (рис.1.2).

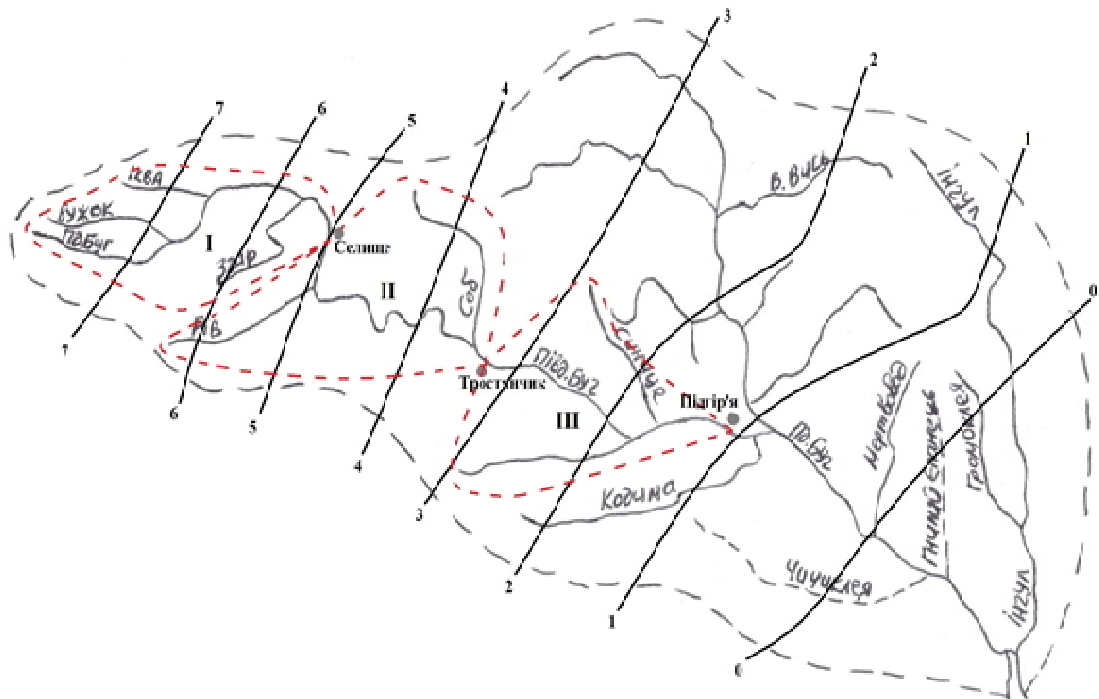


Рисунок 1.2 – Виділення ділянок для розрахунку руслових запасів води в басейні р. Південний Буг – с. Підгір'я

Об'єм руслових запасів води на ділянці річки Південний Буг визначається за формулою:

$$W_t = \frac{Q_B + Q_H}{2} * \tau . \quad (1.41)$$

Ділянка 1: виток - Селище:

$$W_1 = \frac{Q_C}{2} * 2.5 \quad (1.42)$$

Ділянка 2: Селище - Тростянець:

$$W_2 = \frac{Q_C + Q_T}{2} * 2.1 . \quad (1.43)$$

Ділянка 3: Тростянець - Підгір'я:

$$W_3 = \frac{Q_T + Q_{II}}{2} * 1.6 . \quad (1.44)$$

Розрахункова формула для ділянки Селище – Тростянчик - Підгір'я має вигляд :

$$W = 2,30Q_C + 1,85Q_T + 0,80Q_{II} . \quad (1.45)$$

Для розробки методики прогнозу середніх витрат води на водозборі р.Південний Буг замикаючого створу с. Підгір'я обрані періоди спостережень з 2000 по 2010 рр. та з гідрологічних щорічників були виписані данні про витрати води на останнє число пентади періоду літньо-осінньої межені.

Залежність середньопентадних витрат води від запасів води в русловій системі в період літньо-осінньої межені для р. Південний Буг за період з 2000 по 2010 роки представлена на рис. 1.3.

Прогнозні залежності середньопентадних витрат води від запасів води в русловій системі в період літньо-осінньої межені в басейні р.Південний Буг -

с. Підгір'я для окремих місяців періоду межені знаходяться на рис.1.4 та в додатку В, рис.В.1-В.3.

Результати прогнозів середньопентадних витрат води за період межені та розрахунок середньоквадратичної похибки прогнозів на р. Південний Буг – с.Підгір'я представлений в дод. Д, табл. Д.1-Д.5.

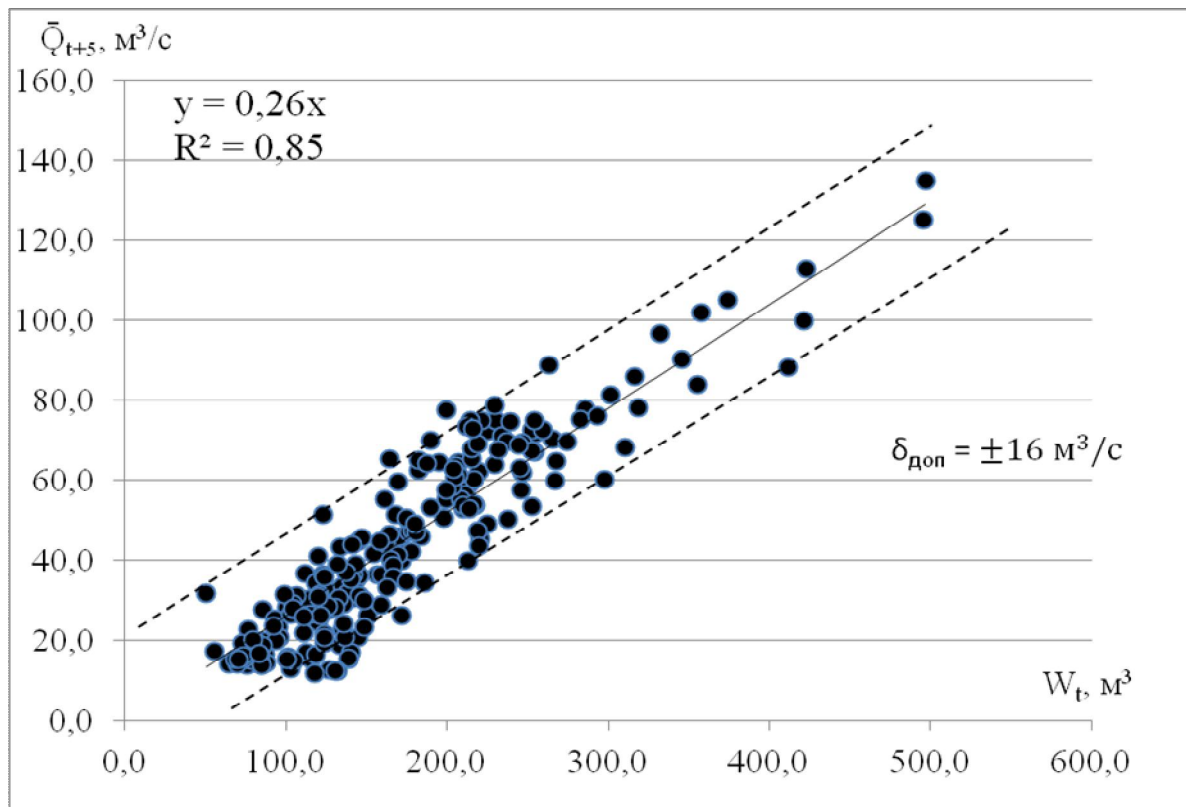


Рисунок 1.3 - Залежність середньопентадних витрат води від запасів води в русловій системі в період літньо-осінньої межені в басейні р.Південний Буг - с. Підгір'я (2000-2010 рр.)

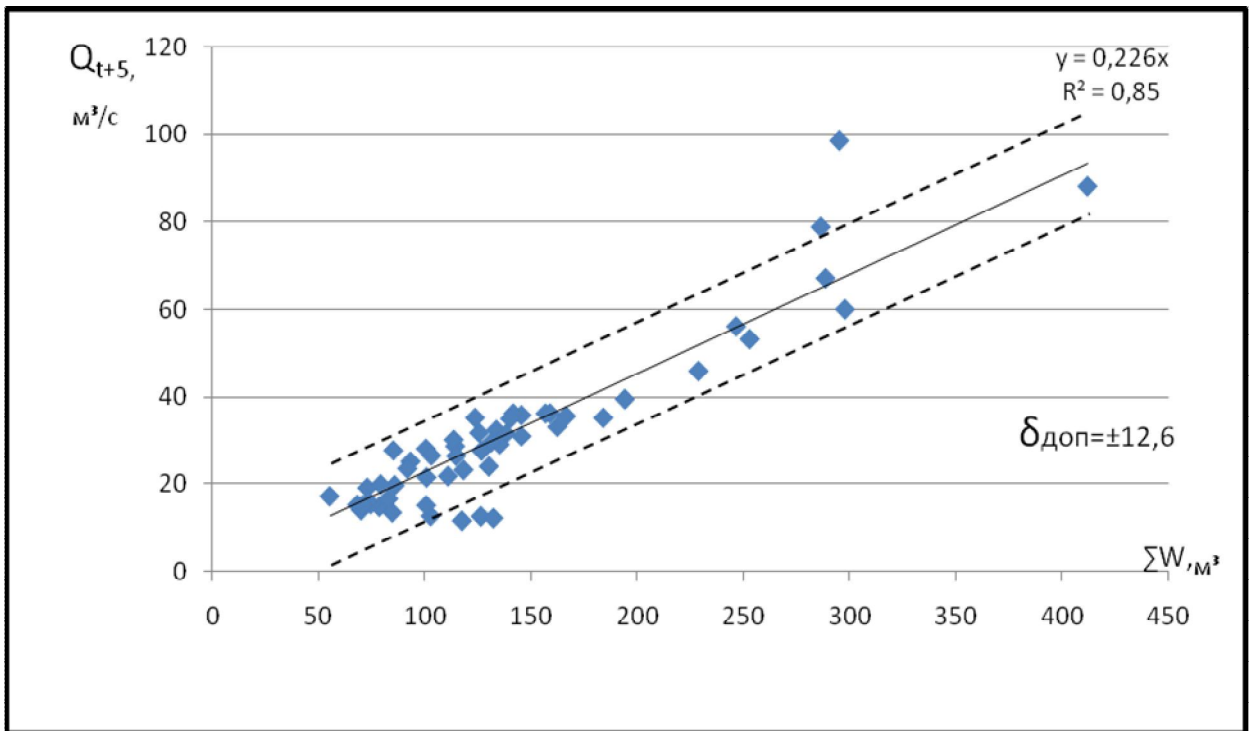


Рисунок 1.4 - Залежність середньопентадних витрат води від запасів води в русловій системі за липень в басейні р. Південний Буг - с. Підгір'я (2000-2010 рр.)

Оцінка якості методики прогнозу

Допустимі похибки прогнозу для кожного місяця і всього періоду межені складають:

Липень: $\delta_{доп} = 12,6 \text{ м}^3/\text{с};$

Серпень: $\delta_{доп} = 8,4 \text{ м}^3/\text{с};$

Вересень: $\delta_{доп} = 14,8 \text{ м}^3/\text{с};$

Жовтень: $\delta_{доп} = 10,6 \text{ м}^3/\text{с};$

Період межені: $\delta_{доп} = 14,7 \text{ м}^3/\text{с}.$

Мірою точності методики прогнозу є середня квадратична похибка перевірених прогнозів (S), яка при числі членів ряду не менше 25 обчислюється як (1.38)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_i - Q_i')^2}{n}}$$

Тут Q_i і Q_i' - спостережене і передбачене значення гідрологічної величини, відповідно.

В нашому випадку середньоквадратична похибка перевірочних прогнозів для кожного місяця і всього періоду межені становить:

Липень: $S = 7,2 \text{ м}^3/\text{с};$

Серпень: $S = 8,8 \text{ м}^3/\text{с};$

Вересень: $S = 9,4 \text{ м}^3/\text{с};$

Жовтень: $S = 8,2 \text{ м}^3/\text{с};$

Період межені: $S = 9,3 \text{ м}^3/\text{с}$

За критерій якості методики прогнозів приймається відношення середньої квадратичної похибки S до середнього квадратичного відхилення σ (S/σ). Методика прогнозу є прийнятною для практики, якщо забезпеченість припустимої похибки перевірочних прогнозів не менше, ніж на 10% перевищує забезпеченість ймовірного відхилення прогнозованої величини від його норми.

Забезпеченість припустимої похибки ($P\%$) при цьому повинна складати величину порядку 60-80%.

Липень: $P=91\%$,

Серпень: $P=67\%$,

Вересень: $P=85\%$,

Жовтень: $P=86\%$;

Період межені: $P=87\%$.

Результати виконаних розрахунків представлені у зведеній таблиці 1.1

Отже, методику можна вважати прийнятною для використання на практиці.

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.

Таблиця 1.1 – Оцінка методики прогнозу середньопентадних витрат води від запасів води в русловій системі в період літньо-осінньої межені в басейні р.Південний Буг - с. Підгір'я

Місяць	σ , м ³ /с	$\delta_{\text{доп}}$, м ³ /с	S , м ³ /с	S/σ	$P\%$
Липень	18,8	12,6	7,2	0,38	91
Серпень	12,4	8,4	8,8	0,71	67
Вересень	21,9	14,8	9,4	0,43	85
Жовтень	15,8	10,6	8,2	0,52	86
Період межені	21,8	14,7	9,3	0,40	87

Для водозбору р. Південний Буг була розроблена методика прогнозу середніх витрат води для кожного місяця межені, та загальний. Оцінка методики показала, що краще користуватися загальною методикою, ніж для кожного місяця окремо. По розроблених методиках було випущено по 2 прогнози. По загальній методиці прогнози були добрий та відмінний, для липня місяця прогнози були відмінний та добрий, для серпня задовільні, для вересня задовільний та відмінний, а для жовтня відмінні. Це підтверджує те, що краще використовувати загальну методику.

Схема випуску прогнозу для р. Південний Буг- Підгір'я надана в табл.1.2.

Таблиця 1.2 - Схема випуску прогнозу для р. Південний Буг- Підгір'я

Дата складання прогнозу, $t-n$	с. Селище	с. Тростянець	с.Підгір'я
	Q^1_{t-n} , м ³ /с	Q^2_{t-n} , м ³ /с	Q^3_{t-n} , м ³ /с
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
31.VII	34,8	43,2	42,4
25.VII	32,9	43,2	48,9
24.VII	29,0	45,6	60,4

Продовження табл.1.2

Дата складання прогнозу, $t-\tau$	$W_{1,}$ м^3	$W_{2,}$ м^3	$W_{3,}$ м^3	$\Sigma W_n,$ м^3	Середньо-пентадна витрата води с.Підгір'є, $\bar{Q}_{n+t},$ $\text{м}^3/\text{с}$	Період, на який дається прогноз, $n+t$
<i>1</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
31. X	80,0	79,9	33,9	194	50,0	01. XI-05. XI
25. X	75,7	79,9	39,1	195	52,3	26-30. X
24. X	66,7	84,4	48,3	199	52,3	25-29. X

Контрольні запитання до практичного завдання

1. Вказати необхідну вихідну інформацію для розрахунку руслових запасів.
2. Чому дорівнюють запаси води в річковій мережі?
3. Практичні прийоми розробки методики довгострокового прогнозу меженного стоку за даними руслові запаси води.
4. Як врахувати дощову складову сезонного стоку річок?
5. Як здійснюється оцінка ефективності та якості методики довгострокового прогнозу меженного стоку?
6. Які методи прогнозування стоку річок на основі врахування запасів води у басейні в програмах ВМО?
7. Які основні вимоги до ефективності, точності і своєчасності гідрологічних прогнозів надаються в рамках ВМО?

Перелік літератури до практичного завдання

Основна

1. Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов: Учебник. Ленинград : Гидрометеоздат, 1974. 440 с.
2. Бефани Н.Ф., Калинин Г.П. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам: Учебное пособие. Ленинград : Гидрометеоздат, 1983. 390 с.
3. Руководство по гидрологическим прогнозам. Краткосрочный прогноз расхода и уровня воды на реках. Ленинград : Гидрометеоздат. Вып. 2. 1989. 246 с.
4. Лобода Н.С. Гідрологічні прогнози: Конспект лекцій. Одеса : ОДЕКУ, 2003. 138 с.
5. Шакірянна Ж.Р. Довгострокові прогнози стоку: Конспект лекцій. Одеса : ОДЕКУ, 2005. 200 с.

Додаткова

6. Руководство по гидрологической практике. Сбор и обработка данных, анализ, прогнозирование и другие применения. Всемирная Метеорологическая Организация (ВМО - №168). Пятое изд. 1994. 844 с.
7. Наставление по службе прогнозов. Вып.3. Ч.1. Ленинград : Гидрометеоздат. 1962. 194 с.
8. Настанова з оперативної гідрології. Прогнози режиму вод суші. Гідрологічне забезпечення і обслуговування / Керівний документ. Київ : Український гідрометеорологічний центр, 2012. 120 с.

9. Оцінювання якості методики та точності (справджуваності) прогнозів режиму поверхневих вод суші / Керівний документ. Київ : Український гідрометеорологічний центр, 2015. 70 с.
10. Bodwell, V. J., 1971: Regression analysis of non-linear catchment systems. *Water Resources Research*, Vol. 7, pp. 1118 –1125.
11. Wright, C. E., 1975: *Monthly Catchment Regression Models: Thames Basin*. Central Water Planning Unit, Technical Note No. 8, Reading, U.K., August, p. 32.
12. Bureau de recherches géologiques et minières, 1978: *Situation hydrologique et prévision de basses eaux*. Bulletin No. 5, juin 1978, Orléans, France.
13. International Association of Hydrological Sciences, 1974: *Proceedings of the International Symposium on Flash Floods — Measurements and Warning*. Paris, 9–12 September 1974, Publication No. 112.

Методичні вказівки

1. Збірник методичних вказівок до лабораторних занять(чергувань) в навчальному бюро гідрологічних прогнозів // Шакірзанова Ж.Р., Одеса : ОДЕКУ, 2004. 45 с.
2. Методичні вказівки до чергувань з дисципліни «Гідрологічні прогнози» по темі: «Керівництво роботи з автоматизованим робочим місцем гідролога-прогнозиста АРМ-гідро» для студентів IV-V курсів денної форми навчання за спеціальністю “Гідрологія” / Шакірзанова Ж.Р., Бойко В.М., Погорелова М.П., Будкіна І.Є., Арестова О.В. Одеса : ОДЕКУ, 2012. 58 с.

Додатки

ДОДАТОК А

Таблиця А.1- Вихідні та розрахункові дані р.Південний Буг – с. Підгір'я

РІК	ДВП, t	Селище	Тростяничик	Підгір'я	Період, на який дається прогноз	Середньопен- тадні витрати води	$\Sigma W = W_1 + W_2 + W_3$ $= 2,3Q_c + 1,85Q_T + 0,8Q_n$
		Q ₁ , м ³ /с	Q ₂ , м ³ /с	Q ₃ , м ³ /с	(t+5)	Q _{t+5}	
2000	30.VI	34	28,3	33	1-5.VII	36,4	157,0
	5.VII	25,8	25,6	33,9	6-10.VII	32,6	133,8
	10.VII	24,2	24,9	31,4	11-15.VII	27,7	126,8
	15.VII	24,4	18,9	25	16-20.VII	21,9	111,1
	20.VII	24,4	14,6	22	21-25.VII	28,2	100,7
	25.VII	25,6	18,2	27,4	26-31.VII	28,8	114,5
	31.VII	24,7	19,1	33	1-5.VIII	34,3	118,5
	5.VIII	27,7	18,2	27,4	6-10.VIII	27,6	119,3
	10.VIII	24,7	18,9	28,2	11-15.VIII	26,4	114,3
	15.VIII	36,8	16,7	23	16-20.VIII	43,4	133,9
	20.VIII	40,6	31,6	59,8	21-25.VIII	55,2	199,7
	25.VIII	25,4	42,2	43,8	26-31.VIII	39,9	171,5
	31.VIII	24,8	29,3	37,2	1-5.IX	30,5	141,0
	5.IX	25,4	30	25	6-10.IX	26,3	133,9
	10.IX	26,2	40,9	23,6	11-15.IX	41,5	154,8
	15.IX	41,4	46,5	48	16-20.IX	62,2	219,6
	20.IX	29,4	55,2	69	21-25.IX	49,2	224,9
	25.IX	39	47,5	65,4	26-30.IX	63,9	229,9
	30.IX	39	51,3	50,6	1-5.X	72,2	225,1
	5.X	40,6	55,2	74,6	6-10.X	71,8	255,2
10.X	37,5	48,6	68,1	11-15.X	74,9	230,6	
15.X	42,9	61,8	77,3	16-20.X	69,6	274,8	
20.X	37,5	60,7	68,1	21-25.X	72,5	253,0	
25.X	41,4	60,1	66,3	26-31.X	72,7	259,4	
31.X	40,6	56,8	70	1-5.XI	67,0	254,5	
2001	30.VI	22,3	9,37	21	1-5.VII	27,8	85,4
	5.VII	19,1	12,5	23,7	6-10.VII	19,8	86,0
	10.VII	23	13,8	18,8	11-15.VII	25,2	93,5
	15.VII	29	15	24,2	16-20.VII	30,3	113,8
	20.VII	24,1	21,6	38	21-25.VII	31,9	125,8
	25.VII	21,3	16,8	29	26-31.VII	26,6	103,3
	31.VII	22	13,6	24,2	1-5.VIII	23,2	95,1

Продовження табл. А.1

	5.VIII	21,6	13	28,2	6-10.VIII	20,7	96,3
	10.VIII	23	13,5	19,9	11-15.VIII	19,8	93,8
	15.VIII	19,2	14,3	21	16-20.VIII	16,2	87,4
	20.VIII	22	12,2	14,8	21-25.VIII	18,2	85,0
	25.VIII	18	13,1	15,7	26-31.VIII	18,8	78,2
	31.VIII	20,9	12,8	19,9	1-5.IX	14,3	87,7
	5.IX	20,9	12,1	13,4	6-10.IX	19,9	81,2
	10.IX	19,9	13,5	18,3	11-15.IX	18,7	85,4
	15.IX	22,3	12,2	13,8	16-20.IX	13,6	84,9
	20.IX	20,2	10,3	14,3	21-25.IX	22,8	77,0
	25.IX	23,7	14	33	26-30.IX	31,2	106,8
	30.IX	21,3	16,6	50,6	1-5.X	41	120,2
	5.X	27,5	35,3	52,5	6-10.X	44,8	170,6
	10.X	29,4	51,4	58,9	11-15.X	53	209,8
	15.X	19,9	49	42,2	16-20.X	45,8	170,2
	20.X	19,2	49,4	50,6	21-25.X	47	176,0
	25.X	21,3	47,8	51,6	26-31.X	47,5	178,7
	31.X	20,3	47,4	42,2	1-5.XI	51,5	168,1
	30.VI	12,8	20,1	15,2	1-5.VII	14,9	78,8
	5.VII	10,4	20,9	15,2	6-10.VII	15,5	74,7
	10.VII	10	20,3	15,7	11-15.VII	19,2	73,1
	15.VII	10,5	19,9	23,1	16-20.VII	20	79,4
	20.VII	10,4	19,1	17,8	21-25.VII	16,1	73,5
	25.VII	10,6	10,4	14,8	26-31.VII	17,3	55,5
	31.VII	7,52	9,45	19,9	1-5.VIII	31,7	50,7
	5.VIII	17,7	24,7	45,5	6-10.VIII	51,4	122,8
	10.VIII	20,2	46,5	57,1	11-15.VIII	42,2	178,2
	15.VIII	18,9	46,6	40,5	16-20.VIII	44,3	162,1
2002	20.VIII	12,9	45,8	36,4	21-25.VIII	34,9	143,5
	25.VIII	21,3	49,4	29,8	26-31.VIII	46,5	164,2
	31.VIII	17,9	50,6	59,8	1-5.IX	62,6	182,6
	5.IX	15,1	47,8	64,4	6-10.IX	50,7	174,7
	10.IX	12,6	45,8	38,8	11-15.IX	44,9	144,8
	15.IX	7,32	42,2	50,6	16-20.IX	33,6	135,4
	20.IX	15,3	44,2	38	21-25.IX	45,5	147,4
	25.IX	24,1	44,6	55,2	26-30.IX	65,2	182,1
	30.IX	24,1	49,4	66,3	1-5.X	77,5	199,9
	5.X	27,5	51,8	78,2	6-10.X	74,9	221,6
	10.X	31,8	56,6	70	11-15.X	71,3	233,9

	15.X	24,3	53	66,3	16-20.X	64,6	207,0
	20.X	25,2	55,8	65,4	21-25.X	58,9	213,5
	25.X	26,9	58,3	52,5	26-31.X	56,4	211,7
	31.X	23,9	55	64,4	1-5.XI	55,2	208,2
2003	30.VI	24,9	37	41,7	1-5.VII	36,4	159,1
	5.VII	24,4	35,1	21,7	6-10.VII	31,7	138,4
2003	10.VII	24,8	31,4	38,1	11-15.VII	36	145,6
	15.VII	24,2	31	40,8	16-20.VII	31,1	145,7
	20.VII	16,1	42,8	32	21-25.VII	36,4	141,8
	25.VII	18,1	39,9	31,1	26-31.VII	35,2	140,3
	31.VII	21,7	25,4	28,6	1-5.VIII	24,6	119,8
	5.VIII	21,5	28,8	22,4	6-10.VIII	31,5	120,7
	10.VIII	24,6	35,9	54,9	11-15.VIII	38,6	166,9
	15.VIII	17,8	41,4	32	16.20.VIII	39,1	143,1
	20.VIII	23,2	27,4	41,7	21-25.VIII	36,9	137,4
	25.VIII	25,5	33,1	52,1	26-31.VIII	55,1	161,6
	31.VIII	43,9	48,3	70,2	1-5.IX	69,3	246,5
	5.IX	38,9	56,2	66,9	6-10.IX	61,9	247,0
	10.IX	23,8	52	65,8	11-15.IX	58,5	203,6
	15.IX	25,9	57,5	64,7	16-20.IX	53,8	217,7
	20.IX	24,6	57,5	58,7	21-25.IX	53,8	209,9
	25.IX	25,9	52	49,2	26-30.IX	64,5	195,1
	30.IX	23,8	57,5	55,9	1-5.X	63,5	205,8
	5.X	37,9	54	62,5	6-10.X	69,8	237,1
	10.X	37,2	58,5	64,7	11-15.X	63,1	245,5
	15.X	29,9	57	72,4	16-20.X	67,8	232,1
20.X	31,7	63,2	80,4	21-25.X	74,8	254,2	
25.X	30	52,5	61,6	26-31.X	65,5	215,4	
31.X	29,3	48,4	62,5	1-5.XI	61,4	206,9	
2004	30.VI	72,6	82,2	116	1-5.VII	88,3	411,9
	5.VII	53	63,3	73,5	6-10.VII	60,2	297,8
	10.VII	42,8	60,6	53	11-15.VII	53,4	253,0
	15.VII	32,2	30,8	44,5	16-20.VII	35,8	166,6
	20.VII	30,9	32,2	39,9	21-25.VII	33,3	162,6
	25.VII	26,2	25,3	35,4	26-31.VII	29,2	135,4
	31.VII	31,7	35,2	26	1-5.VIII	28,7	158,8
	5.VIII	29,6	9,45	24,6	6-10.VIII	27,6	105,2
	10.VIII	27,6	9,1	30,3	11-15.VIII	29	104,6

Продовження табл. А.1

	15.VIII	26,8	9,8	24,6	16.20.VIII	31,5	99,5
	20.VIII	27,2	10,9	26,9	21-25.VIII	27,9	104,2
	25.VIII	32,6	9,1	39	26-31.VIII	36,4	123,0
	31.VIII	40,6	39,2	48,3	1-5.IX	60,7	204,5
	5.IX	53,5	64,6	73,5	6-10.IX	81,2	301,4
	10.IX	54,8	48	88,6	11-15.IX	77,9	285,7
	15.IX	51,9	51	86,2	16-20.IX	75,2	282,7
	20.IX	43,4	50	75,8	21-25.IX	67,5	253,0
	25.IX	35,6	46,4	59,7	26-30.IX	68,1	215,5
	30.IX	53,7	59,3	74,7	1-5.X	76,1	293,0
	5.X	52,1	69,4	85	6-10.X	86	316,2
	10.X	36,7	35,2	81,6	11-15.X	75	214,8
	15.X	26,6	52,9	66,9	16-20.X	73,4	212,6
	20.X	29,7	34,7	71,3	21-25.X	69,9	189,5
	25.X	34,4	43,2	74,7	26-31.X	69,2	218,8
	31.X	30	49,2	70,2	1-5.XI	72,9	216,2
2005	30.VI	19,2	7,5	15,2	1-5.VII	14,1	70,2
	5.VII	19,8	15,1	14,2	6-10.VII	13,6	84,8
	10.VII	31,6	23,5	13	11-15.VII	12,7	126,6
	15.VII	34,3	15,5	12,6	16-20.VII	11,7	117,6
	20.VII	28	32,2	10,6	21-25.VII	12,3	132,5
	25.VII	25,8	18,1	12,6	26-31.VII	12,8	102,9
	31.VII	37,3	19,1	12,2	1-5.VIII	12,2	130,9
	5.VIII	27,3	17,6	12,6	6-10.VIII	15	105,4
	10.VIII	32,4	18,1	20,3	11-15.VIII	19,3	124,2
	15.VIII	35,8	15,1	16,8	16.20.VIII	21,6	123,7
	20.VIII	37,3	40,9	16,8	21-25.VIII	34,7	174,9
	25.VIII	37,3	15,5	23,4	26-31.VIII	30,5	133,2
	31.VIII	37,6	8,2	27,6	1-5.IX	20,7	123,7
	5.IX	35,9	27,4	18,9	6-10.IX	23,4	148,4
	10.IX	34,1	20,2	20,3	11-15.IX	39	132,0
	15.IX	38,9	39,6	68	16-20.IX	54,1	217,1
	20.IX	40,1	45,2	53,9	21-25.IX	47,5	219,0
	25.IX	39,6	43,4	41,2	26-30.IX	62,7	204,3
	30.IX	40,9	50,8	63,6	1-5.X	74,7	238,9
	5.X	40,5	47,7	79,3	6-10.X	68,9	244,8
10.X	34,8	36,5	64,7	11-15.X	57,5	199,3	
15.X	33,3	49,3	64,7	16-20.X	43,5	219,6	

Продовження табл. А.1

	20.X	34,8	42,5	27,6	21-25.X	47,1	180,7
	25.X	33,3	45,5	47	26-31.X	50,7	198,4
	31.X	32,8	34,4	63,6	1-5.XI	53,2	190,0
2006	30.VI	14,3	23,2	20,3	1-5.VII	23,6	92,1
	5.VII	12,9	19,5	21,7	6-10.VII	16,7	83,1
	10.VII	12,7	14,9	14,6	11-15.VII	15,3	68,5
	15.VII	14	14,9	13,9	16-20.VII	15,2	70,9
	20.VII	25	16,6	15,8	21-25.VII	15,2	100,9
	25.VII	29,5	17,9	17,5	26-31.VII	26,5	115,0
	31.VII	31,9	30,9	62,1	1-5.VIII	49,1	180,2
	5.VIII	38,6	56,5	55,3	6-10.VIII	50,3	237,5
	10.VIII	40,8	51	32	11-15.VIII	52,8	213,8
	15.VIII	40,4	18,7	38,2	16-20.VIII	44,8	158,1
	20.VIII	38,9	47	45,5	21-25.VIII	39,7	212,8
	25.VIII	34,3	43,1	34,7	26-31.VIII	34,2	186,4
	31.VIII	24,7	41,3	48,3	1-5.IX	26,1	171,9
	5.IX	19,6	34,7	15,5	6-10.IX	26,2	121,7
	10.IX	23	22,1	21,5	11-15.IX	26	111,0
	15.IX	22,2	31,6	39,7	16-20.IX	43,8	141,3
	20.IX	37,6	54,9	52,2	21-25.IX	78,8	229,8
	25.IX	57,2	67,6	94,8	26-30.IX	96,6	332,5
	30.IX	58,9	85,1	102	1-5.X	105	374,5
	5.X	60,4	71,1	109	6-10.X	102	357,7
	10.X	56,9	81,4	80,6	11-15.X	90,4	345,9
	15.X	50,2	88,9	94,6	16-20.X	83,9	355,6
	20.X	50,7	71,9	86,1	21-25.X	78,1	318,5
	25.X	50,9	72,8	73,2	26-31.X	68,2	310,3
	31.X	47,4	56,3	68,7	1-5.XI	64,7	268,1
	30.VI	20,8	63,2	24,2	1-5.VII	35,4	184,1
	5.VII	21,8	35,7	19,2	6-10.VII	29,7	131,5
	10.VII	22,5	28,5	24,2	11-15.VII	35,4	123,8
	15.VII	19,1	24,4	36,6	16-20.VII	23,3	118,4
	20.VII	23,3	28,1	31	21-25.VII	24,1	130,4
	25.VII	22,5	17,4	21,3	26-31.VII	21,6	101,0
	31.VII	20,7	20	20,6	1-5.VIII	18,8	101,1
	5.VIII	21,2	19,3	11,4	6-10.VIII	14,7	93,6
	10.VIII	18,9	10,5	9,52	11-15.VIII	13,4	70,5
	15.VIII	22,5	9,13	12,9	16-20.VIII	11	79,0

Продовження табл. А.1

	20.VIII	19,1	12	9,27	21-25.VIII	12,2	73,5
	25.VIII	18,9	13,3	10,6	26-31.VIII	23	76,6
	31.VIII	15,7	24,6	29,3	1-5.IX	15,5	105,1
	5.IX	20	13	17,5	6-10.IX	18	84,1
	10.IX	20,9	18,8	17,5	11-15.IX	14,7	96,9
	15.IX	20,6	21	13,4	16-20.IX	13,6	97,0
	20.IX	22,5	11,9	13	21-25.IX	14,1	84,2
	25.IX	20,9	9	14,2	26-30.IX	17	76,1
	30.IX	25,7	14,2	16,3	1-5.X	17,7	98,4
	5.X	29	25,5	22,6	6-10.X	34,4	132,0
	10.X	27,4	40,4	35,6	11-15.X	42,9	166,2
	15.X	29,9	43,6	43,1	16-20.X	34,5	183,9
	20.X	25,9	35,3	43,1	21-25.X	51,1	159,4
	25.X	29,3	37	42,1	26-31.X	48,5	169,5
	31.X	26,8	27,8	49,9	1-5.XI	44,7	153,0
	30.VI	62,4	54,2	64,2	1-5.VII	98,7	295,2
	5.VII	39,1	66,4	92,1	6-10.VII	79	286,5
	10.VII	51,7	60,5	72,3	11-15.VII	67,3	288,7
	15.VII	39,1	58,4	60,8	16-20.VII	56,3	246,6
	20.VII	29,9	58,8	64,2	21-25.VII	46,1	228,9
	25.VII	30,5	52	34,9	26-31.VII	39,7	194,3
	31.VII	31,4	45,2	33,3	1-5.VIII	30,7	182,5
	5.VIII	25	45,8	23,4	6-10.VIII	25,8	161,0
	10.VIII	27,6	27	18,9	11-15.VIII	21,5	128,6
	15.VIII	29,6	27,8	14,7	16-20.VIII	18,2	131,3
	20.VIII	28,2	30,1	23,4	21-25.VIII	14,3	139,3
2008	25.VIII	27	35,5	11,9	26-31.VIII	15,4	137,3
	31.VIII	26,2	39,1	14,2	1-5.IX	19,9	144,0
	5.IX	27,4	42,6	20,3	6-10.IX	25,8	158,1
	10.IX	34	33,1	16,3	11-15.IX	21,4	152,5
	15.IX	37,9	28,7	34,7	16-20.IX	29,8	168,0
	20.IX	42,1	34,2	36,9	21-25.IX	35,7	189,6
	25.IX	37,6	36,7	40	26-30.IX	48	186,4
	30.IX	40	44,3	55,9	1-5.X	52,3	218,7
	5.X	33,4	44,6	55,9	6-10.X	47,8	204,1
	10.X	32,7	46,5	38,3	11-15.X	46,3	191,9
	15.X	35,8	38,5	36,6	16-20.X	49,6	182,8
	20.X	36,3	46,2	49,2	21-25.X	54,7	208,3

Продовження табл. А.1

	25.X	35,7	48,7	70,6	26-31.X	57,4	228,7
	31.X	32,9	43,2	48,9	1-5.XI	55,9	194,7
2009	30.VI	19,2	7,5	15,2	1-5.VII	14,1	70,2
	5.VII	19,8	15,1	14,2	6-10.VII	13,6	84,8
	10.VII	31,6	23,5	13	11-15.VII	12,7	126,6
	15.VII	34,3	15,5	12,6	16-20.VII	11,7	117,6
	20.VII	28	32,2	10,6	21-25.VII	12,3	132,5
	25.VII	25,8	18,1	12,6	26-31.VII	12,8	102,9
	31.VII	37,3	19,1	12,2	1-5.VIII	12,2	130,9
	5.VIII	27,3	17,6	12,6	6-10.VIII	15	105,4
	10.VIII	32,4	18,1	20,3	11-15.VIII	19,3	124,2
	15.VIII	35,8	15,1	16,8	16.20.VIII	21,6	123,7
	20.VIII	37,3	40,9	16,8	21-25.VIII	34,7	174,9
	25.VIII	37,3	15,5	23,4	26-31.VIII	30,5	133,2
	31.VIII	37,6	8,2	27,6	1-5.IX	20,7	123,7
	5.IX	35,9	27,4	18,9	6-10.IX	23,4	148,4
	10.IX	34,1	20,2	20,3	11-15.IX	39	132,0
	15.IX	38,9	39,6	68	16-20.IX	54,1	217,1
	20.IX	40,1	45,2	53,9	21-25.IX	47,5	219,0
	25.IX	39,6	43,4	41,2	26-30.IX	62,7	204,3
	30.IX	53,7	59,3	74,7	1-5.X	76,1	293,0
	5.X	52,1	69,4	85	6-10.X	86	316,2
	10.X	36,7	35,2	81,6	11-15.X	75	214,8
	15.X	26,6	52,9	66,9	16-20.X	73,4	212,6
	20.X	29,7	34,7	71,3	21-25.X	69,9	189,5
	25.X	34,4	43,2	74,7	26-31.X	69,2	218,8
	31.X	30	49,2	70,2	1-5.XI	72,9	216,2
2010	30.VI	19,2	7,5	15,2	1-5.VII	14,1	70,2
	5.VII	19,8	15,1	14,2	6-10.VII	13,6	84,8
	10.VII	31,6	23,5	13	11-15.VII	12,7	126,6
	15.VII	34,3	15,5	12,6	16-20.VII	11,7	117,6
	20.VII	28	32,2	10,6	21-25.VII	12,3	132,5
	25.VII	25,8	18,1	12,6	26-31.VII	12,8	102,9
	31.VII	37,3	19,1	12,2	1-5.VIII	12,2	130,9
	5.VIII	27,3	17,6	12,6	6-10.VIII	15	105,4
	10.VIII	32,4	18,1	20,3	11-15.VIII	19,3	124,2
	15.VIII	35,8	15,1	16,8	16.20.VIII	21,6	123,7
	20.VIII	37,3	40,9	16,8	21-25.VIII	34,7	174,9

Продовження табл. А.1

	25.VIII	37,3	15,5	23,4	26-31.VIII	30,5	133,2
	31.VIII	37,6	8,2	27,6	1-5.IX	20,7	123,7
	5.IX	35,9	27,4	18,9	6-10.IX	23,4	148,4
	10.IX	34,1	20,2	20,3	11-15.IX	39	132,0
	15.IX	38,9	39,6	68	16-20.IX	54,1	217,1
	20.IX	40,1	45,2	53,9	21-25.IX	47,5	219,0
	25.IX	39,6	43,4	41,2	26-30.IX	62,7	204,3
	30.IX	40,9	50,8	63,6	1-5.X	74,7	238,9
	5.X	40,5	47,7	79,3	6-10.X	68,9	244,8
	10.X	34,8	36,5	64,7	11-15.X	57,5	199,3
	15.X	33,3	49,3	64,7	16-20.X	43,5	219,6
	20.X	34,8	42,5	27,6	21-25.X	47,1	180,7
	25.X	33,3	45,5	47	26-31.X	50,7	198,4
	31.X	32,8	34,4	63,6	15.XI	53,2	190,0

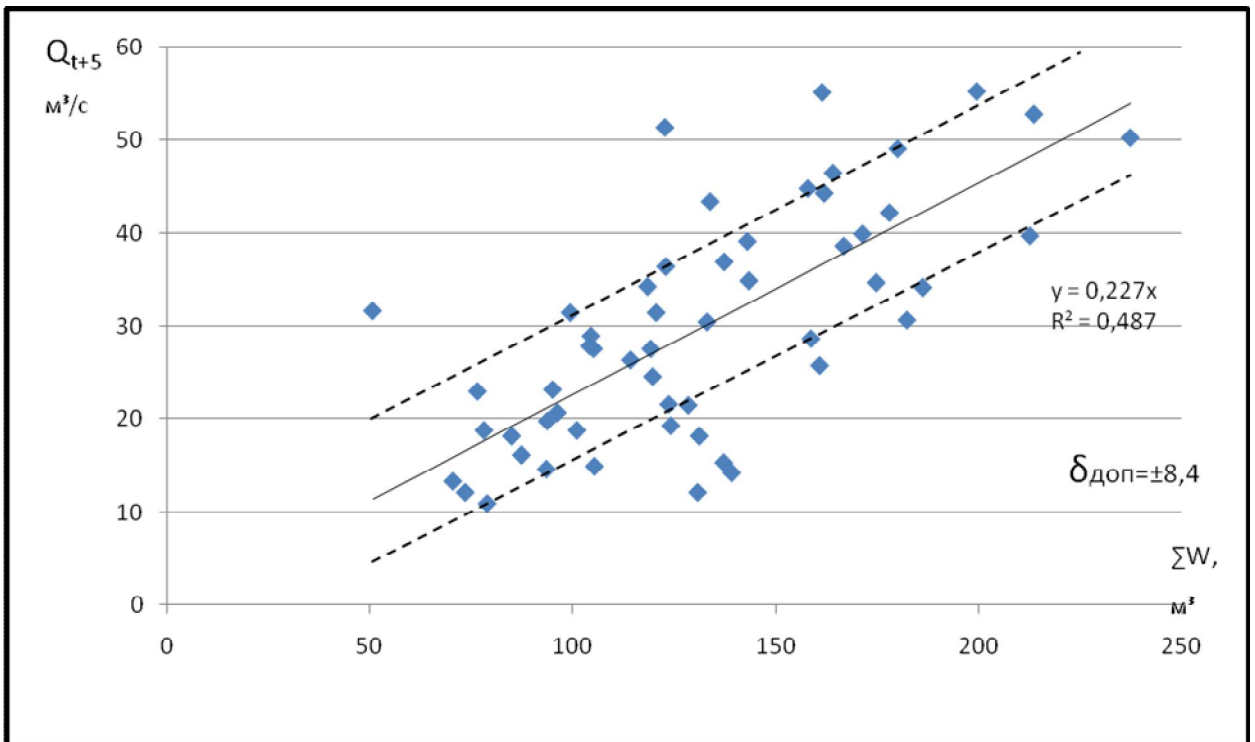


Рисунок В.1 - Залежність середньопентадних витрат води від запасів води в русловій системі за серпень в басейні р. Південний Буг – с.Підгір'я

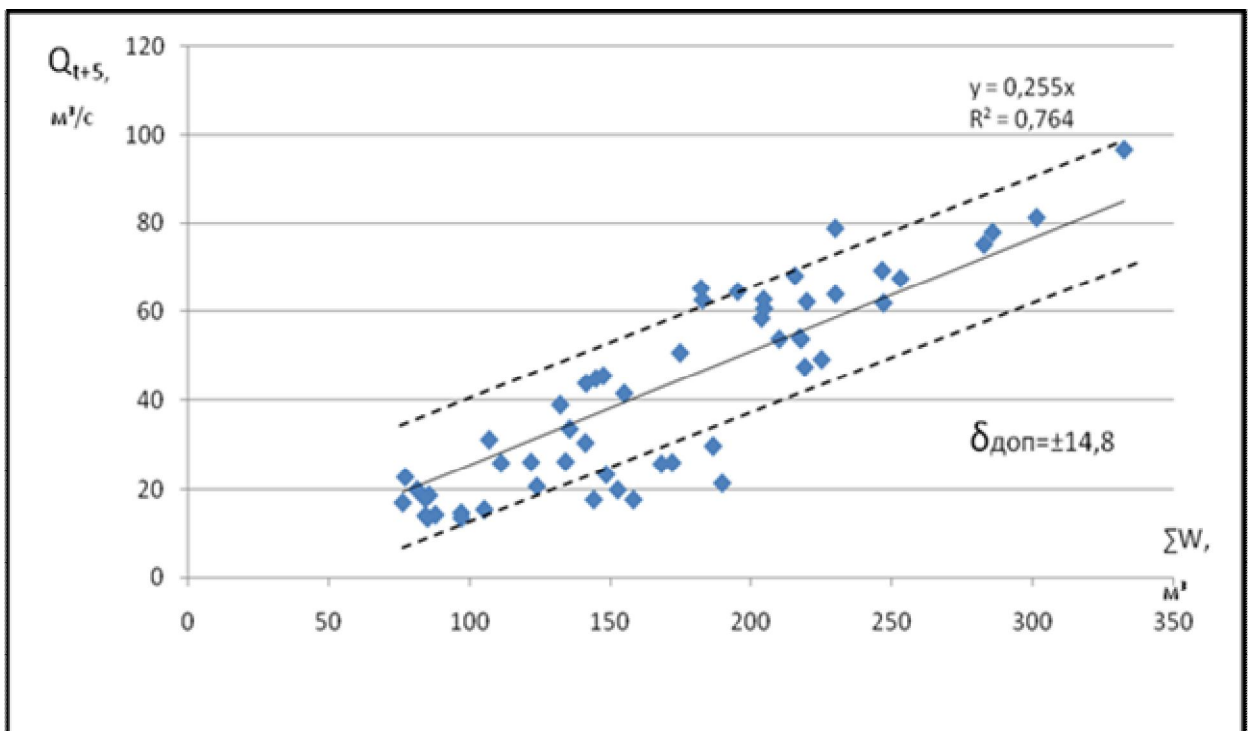


Рисунок В.2 - Залежність середньопентадних витрат води від запасів води в русловій системі за вересень в басейні р. Південний Буг– с.Підгір'я

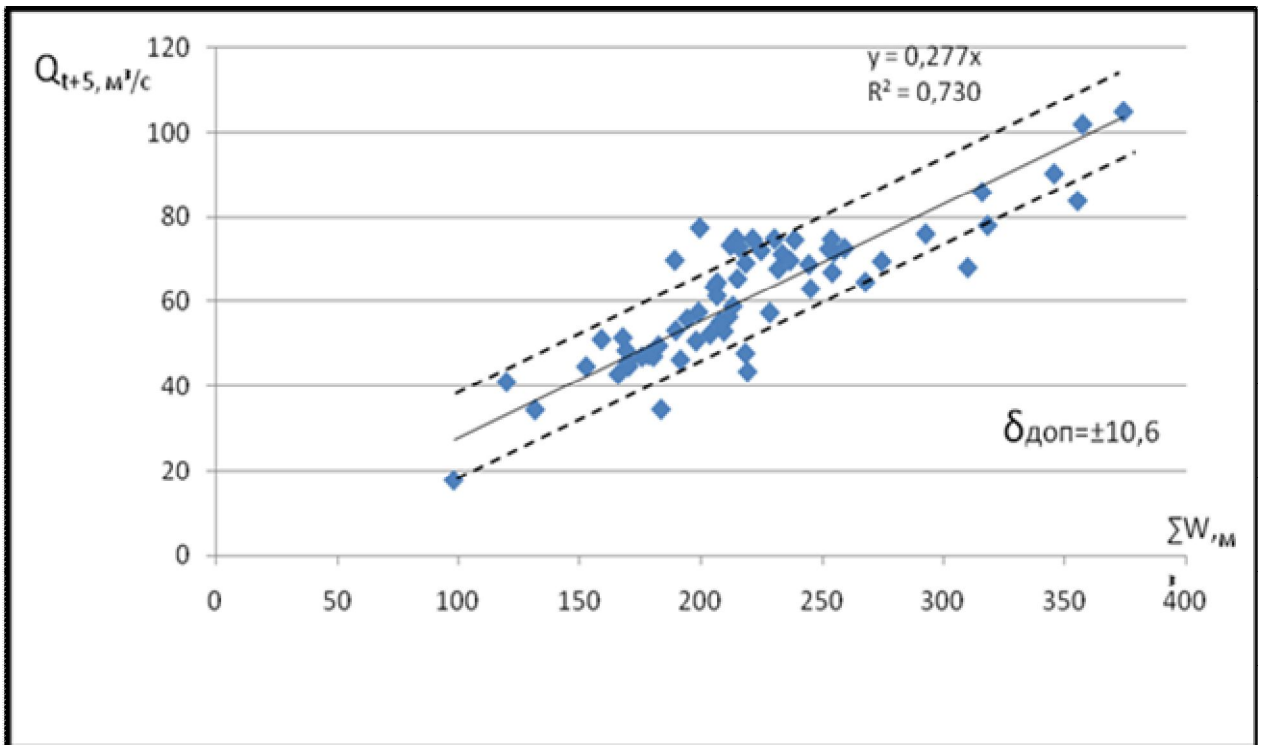


Рисунок В.3 - Залежність середньопентадних витрат води від запасів води в русловій системі за жовтень в басейні р. Південний Буг– с.Підгір'я

ДОДАТОК Д

Табл. Д.1 – Розрахунок середньоквадратичної похибки та прогноз середньо-пентадних витрат води за період межені на р. Південний Буг – с.Підгір'я

№ з/п	Рік	Період, на який дається прогноз	ΣW_t	Середньопентадні витрати води, Q_{t+5}		$\bar{Q}_i - \bar{Q}'$	$(\bar{Q}_i - \bar{Q}')^2$
		(t+5)		спостережені	завбачені		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2000	1-5.VII	159,1	36,4	41,37	-5,0	25
2		6-10.VII	138,4	31,7	35,98	-4,3	18
3		11-15.VII	145,6	36	37,86	-1,9	3
4		16-20.VII	145,7	31,1	37,88	-6,8	46
5		21-25.VII	141,8	36,4	36,87	-0,5	0
6		26-31.VII	140,3	35,2	36,48	-1,3	2
7		1-5.VIII	119,8	24,6	31,15	-6,5	43
8		6-10.VIII	120,7	31,5	31,38	0,1	0
9		11-15.VIII	166,9	38,6	43,39	-4,8	23
10		16.20.VIII	143,1	39,1	37,21	1,9	4
11		21-25.VIII	137,4	36,9	35,72	1,2	1
12		26-31.VIII	161,6	55,1	42,02	13,1	171
13		1-5.IX	246,5	69,3	64,09	5,2	27
14		6-10.IX	247	61,9	64,22	-2,3	5
15		11-15.IX	203,6	58,5	52,94	5,6	31
16		16-20.IX	217,7	53,8	56,60	-2,8	8
17		21-25.IX	209,9	53,8	54,57	-0,8	1
18		26-30.IX	195,1	64,5	50,73	13,8	190
19		1-5.X	205,8	63,5	53,51	10,0	100
20		6-10.X	237,1	69,8	61,65	8,2	66
21		11-15.X	245,5	63,1	63,83	-0,7	1
22		16-20.X	232,1	67,8	60,35	7,5	56
23		21-25.X	254,2	74,8	66,09	8,7	76
24		26-31.X	215,4	65,5	56,00	9,5	90
25		1-5.XI	206,9	61,4	53,79	7,6	58
26	2001	1-5.VII	70,2	14,1	18,25	-4,2	17
27		6-10.VII	84,8	13,6	22,05	-8,4	71
28		11-15.VII	126,6	12,7	32,92	-20,2	409
29		16-20.VII	117,6	11,7	30,58	-18,9	356
30		21-25.VII	132,5	12,3	34,45	-22,2	491
31		26-31.VII	102,9	12,8	26,75	-14,0	195
32		1-5.VIII	130,9	12,2	34,03	-21,8	477
33		6-10.VIII	105,4	15	27,40	-12,4	154
34		11-15.VIII	124,2	19,3	32,29	-13,0	169
35		16.20.VIII	123,7	21,6	32,16	-10,6	112
36		21-25.VIII	174,9	34,7	45,47	-10,8	116
37		26-31.VIII	133,2	30,5	34,63	-4,1	17
38		1-5.IX	123,7	20,7	32,16	-11,5	131

Продовження табл. Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8
39	2001	6-10.IX	148,4	23,4	38,58	-15,2	231
40		11-15.IX	132	39	34,32	4,7	22
41		16-20.IX	217,1	54,1	56,45	-2,3	6
42		21-25.IX	219	47,5	56,94	-9,4	89
43		26-30.IX	204,3	62,7	53,12	9,6	92
44		1-5.X	238,9	74,7	62,11	12,6	158
45		6-10.X	244,8	68,9	63,65	5,3	28
46		11-15.X	199,3	57,5	51,82	5,7	32
47		16-20.X	219,6	43,5	57,10	-13,6	185
48		21-25.X	180,7	47,1	46,98	0,1	0
49		26-31.X	198,4	50,7	51,58	-0,9	1
50		1-5.XI	190	53,2	49,40	3,8	14
1		2002	1-5.VII	157	36,4	40,82	-4,4
2	6-10.VII		133,8	32,6	34,79	-2,2	5
3	11-15.VII		126,8	27,7	32,97	-5,3	28
4	16-20.VII		111,1	21,9	28,89	-7,0	49
5	21-25.VII		100,7	28,2	26,18	2,0	4
6	26-31.VII		114,5	28,8	29,77	-1,0	1
7	1-5.VIII		118,5	34,3	30,81	3,5	12
8	6-10.VIII		119,3	27,6	31,02	-3,4	12
9	11-15.VIII		114,3	26,4	29,72	-3,3	11
10	16-20.VIII		133,9	43,4	34,81	8,6	74
11	21-25.VIII		199,7	55,2	51,92	3,3	11
12	26-31.VIII		171,5	39,9	44,59	-4,7	22
13	1-5.IX		141	30,5	36,66	-6,2	38
14	6-10.IX		133,9	26,3	34,81	-8,5	72
15	11-15.IX		154,8	41,5	40,25	1,3	2
16	16-20.IX		219,6	62,2	57,10	5,1	26
17	21-25.IX		224,9	49,2	58,47	-9,3	86
18	26-30.IX		229,9	63,9	59,77	4,1	17
19	1-5.X		225,1	72,2	58,53	13,7	187
20	6-10.X		255,2	71,8	66,35	5,4	30
21	11-15.X		230,6	74,9	59,96	14,9	223
22	16-20.X		274,8	69,6	71,45	-1,8	3
23	21-25.X		253	72,5	65,78	6,7	45
24	26-31.X		259,4	72,7	67,44	5,3	28
25	1-5.XI		254,5	67,0	66,17	0,8	1
26	2003	1-5.VII	85,4	27,8	22,20	5,6	31
27		6-10.VII	86	19,8	22,36	-2,6	7
28		11-15.VII	93,5	25,2	24,31	0,9	1
29		16-20.VII	113,8	30,3	29,59	0,7	1
30		21-25.VII	125,8	31,9	32,71	-0,8	1
31		26-31.VII	103,3	26,6	26,86	-0,3	0

Продовження табл. Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8
32	2003	1-5.VIII	95,1	23,2	24,73	-1,5	2
33		6-10.VIII	96,3	20,7	25,04	-4,3	19
34		11-15.VIII	93,8	19,8	24,39	-4,6	21
35		16-20.VIII	87,4	16,2	22,72	-6,5	43
36		21-25.VIII	85	18,2	22,10	-3,9	15
37		26-31.VIII	78,2	18,8	20,33	-1,5	2
38		1-5.IX	87,7	14,3	22,80	-8,5	72
39		6-10.IX	81,2	19,9	21,11	-1,2	1
40		11-15.IX	85,4	18,7	22,20	-3,5	12
41		16-20.IX	84,9	13,6	22,07	-8,5	72
42		21-25.IX	77	22,8	20,02	2,8	8
43		26-30.IX	106,8	31,2	27,77	3,4	12
44		1-5.X	120,2	41	31,25	9,7	95
45		6-10.X	170,6	44,8	44,36	0,4	0
46		11-15.X	209,8	53	54,55	-1,5	2
47		16-20.X	170,2	45,8	44,25	1,5	2
48		21-25.X	176	47	45,76	1,2	2
49		26-31.X	178,7	47,5	46,46	1,0	1
50		1-5.XI	168,1	51,5	43,71	7,8	61
51		2004	1-5.VII	78,8	14,9	20,49	-5,6
52	6-10.VII		74,7	15,5	19,42	-3,9	15
53	11-15.VII		73,1	19,2	19,01	0,2	0
54	16-20.VII		79,4	20	20,64	-0,6	0
55	21-25.VII		73,5	16,1	19,11	-3,0	9
56	26-31.VII		55,5	17,3	14,43	2,9	8
57	1-5.VIII		50,7	31,7	13,18	18,5	343
58	6-10.VIII		122,8	51,4	31,93	19,5	379
59	11-15.VIII		178,2	42,2	46,33	-4,1	17
60	16-20.VIII		162,1	44,3	42,15	2,2	5
61	21-25.VIII		143,5	34,9	37,31	-2,4	6
62	26-31.VIII		164,2	46,5	42,69	3,8	15
63	1-5.IX		182,6	62,6	47,48	15,1	229
64	6-10.IX		174,7	50,7	45,42	5,3	28
65	11-15.IX		144,8	44,9	37,65	7,3	53
66	16-20.IX		135,4	33,6	35,20	-1,6	3
67	21-25.IX		147,4	45,5	38,32	7,2	51
68	26-30.IX		182,1	65,2	47,35	17,9	319
69	1-5.X		199,9	77,5	51,97	25,5	652
70	6-10.X		221,6	74,9	57,62	17,3	299
71	11-15.X	233,9	71,3	60,81	10,5	110	
72	16-20.X	207	64,6	53,82	10,8	116	
73	21-25.X	213,5	58,9	55,51	3,4	11	

Продовження табл. Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8
74		26-31.X	211,7	56,4	55,04	1,4	2
75		1-5.XI	208,2	55,2	54,13	1,1	1
76	2005	1-5.VII	159,1	36,4	41,37	-5,0	25
77		6-10.VII	138,4	31,7	35,98	-4,3	18
78		11-15.VII	145,6	36	37,86	-1,9	3
79		16-20.VII	145,7	31,1	37,88	-6,8	46
80		21-25.VII	141,8	36,4	36,87	-0,5	0
81		26-31.VII	140,3	35,2	36,48	-1,3	2
82		1-5.VIII	119,8	24,6	31,15	-6,5	43
83		6-10.VIII	120,7	31,5	31,38	0,1	0
84		11-15.VIII	166,9	38,6	43,39	-4,8	23
85		16.20.VIII	143,1	39,1	37,21	1,9	4
86		21-25.VIII	137,4	36,9	35,72	1,2	1
87		26-31.VIII	161,6	55,1	42,02	13,1	171
88		1-5.IX	246,5	69,3	64,09	5,2	27
89		6-10.IX	247	61,9	64,22	-2,3	5
90		11-15.IX	203,6	58,5	52,94	5,6	31
91		16-20.IX	217,7	53,8	56,60	-2,8	8
92		21-25.IX	209,9	53,8	54,57	-0,8	1
93		26-30.IX	195,1	64,5	50,73	13,8	190
94		1-5.X	205,8	63,5	53,51	10,0	100
95		6-10.X	237,1	69,8	61,65	8,2	66
96	11-15.X	245,5	63,1	63,83	-0,7	1	
97	16-20.X	232,1	67,8	60,35	7,5	56	
98	21-25.X	254,2	74,8	66,09	8,7	76	
99	26-31.X	215,4	65,5	56,00	9,5	90	
100	1-5.XI	206,9	61,4	53,79	7,6	58	
101	2006	1-5.VII	411,9	88,3	107,09	-18,8	353
102		6-10.VII	297,8	60,2	77,43	-17,2	297
103		11-15.VII	253	53,4	65,78	-12,4	153
104		16-20.VII	166,6	35,8	43,32	-7,5	56
105		21-25.VII	162,6	33,3	42,28	-9,0	81
106		26-31.VII	135,4	29,2	35,20	-6,0	36
107		1-5.VIII	158,8	28,7	41,29	-12,6	158
108		6-10.VIII	105,2	27,6	27,35	0,2	0
109		11-15.VIII	104,6	29	27,20	1,8	3
110		16.20.VIII	99,5	31,5	25,87	5,6	32
111		21-25.VIII	104,2	27,9	27,09	0,8	1
112		26-31.VIII	123	36,4	31,98	4,4	20
113		1-5.IX	204,5	60,7	53,17	7,5	57
114		6-10.IX	301,4	81,2	78,36	2,8	8
115		11-15.IX	285,7	77,9	74,28	3,6	13

Продовження табл. Д.1

1		3	4	5	6	7	8	
116	2006	16-20.IX	282,7	75,2	73,50	1,7	3	
117		21-25.IX	253	67,5	65,78	1,7	3	
118		26-30.IX	215,5	68,1	56,03	12,1	146	
119		1-5.X	293	76,1	76,18	-0,1	0	
120		6-10.X	316,2	86	82,21	3,8	14	
121		11-15.X	214,8	75	55,85	19,2	367	
122		16-20.X	212,6	73,4	55,28	18,1	328	
123		21-25.X	189,5	69,9	49,27	20,6	426	
124		26-31.X	218,8	69,2	56,89	12,3	152	
125		1-5.XI	216,2	72,9	56,21	16,7	278	
126		2007	1-5.VII	70,2	14,1	18,25	-4,2	17
127	6-10.VII		84,8	13,6	22,05	-8,4	71	
128	11-15.VII		126,6	12,7	32,92	-20,2	409	
129	16-20.VII		117,6	11,7	30,58	-18,9	356	
130	21-25.VII		132,5	12,3	34,45	-22,2	491	
131	26-31.VII		102,9	12,8	26,75	-14,0	195	
132	1-5.VIII		130,9	12,2	34,03	-21,8	477	
133	6-10.VIII		105,4	15	27,40	-12,4	154	
134	11-15.VIII		124,2	19,3	32,29	-13,0	169	
135	16.20.VIII		123,7	21,6	32,16	-10,6	112	
136	21-25.VIII		174,9	34,7	45,47	-10,8	116	
137	26-31.VIII		133,2	30,5	34,63	-4,1	17	
138	1-5.IX		123,7	20,7	32,16	-11,5	131	
139	6-10.IX		148,4	23,4	38,58	-15,2	231	
140	11-15.IX		132	39	34,32	4,7	22	
141	16-20.IX		217,1	54,1	56,45	-2,3	6	
142	21-25.IX		219	47,5	56,94	-9,4	89	
143	26-30.IX		204,3	62,7	53,12	9,6	92	
144	1-5.X		238,9	74,7	62,11	12,6	158	
145	6-10.X		244,8	68,9	63,65	5,3	28	
146	11-15.X		199,3	57,5	51,82	5,7	32	
147	16-20.X		219,6	43,5	57,10	-13,6	185	
148	21-25.X		180,7	47,1	46,98	0,1	0	
149	26-31.X		198,4	50,7	51,58	-0,9	1	
150	1-5.XI		190	53,2	49,40	3,8	14	
151	2008		1-5.VII	92,1	23,6	23,95	-0,3	0
152			6-10.VII	83,1	16,7	21,61	-4,9	24
153			11-15.VII	68,5	15,3	17,81	-2,5	6
154			16-20.VII	70,9	15,2	18,43	-3,2	10
155			21-25.VII	100,9	15,2	26,23	-11,0	122
156		26-31.VII	115	26,5	29,90	-3,4	12	
157		1-5.VIII	180,2	49,1	46,85	2,2	5	

Продовження табл. Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8
158	2008	6-10.VIII	237,5	50,3	61,75	-11,5	131
159		11-15.VIII	213,8	52,8	55,59	-2,8	8
160		16-20.VIII	158,1	44,8	41,11	3,7	14
161		21-25.VIII	212,8	39,7	55,33	-15,6	244
162		26-31.VIII	186,4	34,2	48,46	-14,3	203
163		1-5.IX	171,9	26,1	44,69	-18,6	346
164		6-10.IX	121,7	26,2	31,64	-5,4	30
165		11-15.IX	111	26	28,86	-2,9	8
166		16-20.IX	141,3	43,8	36,74	7,1	50
167		21-25.IX	229,8	78,8	59,75	19,1	363
168		26-30.IX	332,5	96,6	86,45	10,2	103
169		1-5.X	374,5	105	97,37	7,6	58
170		6-10.X	357,7	102	93,00	9,0	81
171		11-15.X	345,9	90,4	89,93	0,5	0
172		16-20.X	355,6	83,9	92,46	-8,6	73
173		21-25.X	318,5	78,1	82,81	-4,7	22
174		26-31.X	310,3	68,2	80,68	-12,5	156
175		1-5.XI	268,1	64,7	69,71	-5,0	25
176		2009	1-5.VII	184,1	35,4	47,87	-12,5
177	6-10.VII		131,5	29,7	34,19	-4,5	20
178	11-15.VII		123,8	35,4	32,19	3,2	10
179	16-20.VII		118,4	23,3	30,78	-7,5	56
180	21-25.VII		130,4	24,1	33,90	-9,8	96
181	26-31.VII		101	21,6	26,26	-4,7	22
182	1-5.VIII		101,1	18,8	26,29	-7,5	56
183	6-10.VIII		93,6	14,7	24,34	-9,6	93
184	11-15.VIII		70,5	13,4	18,33	-4,9	24
185	16-20.VIII		79	11	20,54	-9,5	91
186	21-25.VIII		73,5	12,2	19,11	-6,9	48
187	26-31.VIII		76,6	23	19,92	3,1	10
188	1-5.IX		105,1	15,5	27,33	-11,8	140
189	6-10.IX		84,1	18	21,87	-3,9	15
190	11-15.IX		96,9	14,7	25,19	-10,5	110
191	16-20.IX		97	13,6	25,22	-11,6	135
192	21-25.IX		84,2	14,1	21,89	-7,8	61
193	26-30.IX		76,1	17	19,79	-2,8	8
194	1-5.X		98,4	17,7	25,58	-7,9	62
195	6-10.X		132	34,4	34,32	0,1	0
196	11-15.X	166,2	42,9	43,21	-0,3	0	
197	16-20.X	183,9	34,5	47,81	-13,3	177	
198	21-25.X	159,4	51,1	41,44	9,7	93	
199	26-31.X	169,5	48,5	44,07	4,4	20	

Продовження табл. Д.1

1	2	3	4	5	6	7	8
200		1-5.XI	153	44,7	39,78	4,9	24
201	2010	1-5.VII	295,2	98,7	76,75	21,9	482
202		6-10.VII	286,5	79	74,49	4,5	20
203		11-15.VII	288,7	67,3	75,06	-7,8	60
204		16-20.VII	246,6	56,3	64,12	-7,8	61
205		21-25.VII	228,9	46,1	59,51	-13,4	180
206		26-31.VII	194,3	39,7	50,52	-10,8	117
207		1-5.VIII	182,5	30,7	47,45	-16,8	281
208		6-10.VIII	161	25,8	41,86	-16,1	258
209		11-15.VIII	128,6	21,5	33,44	-11,9	142
210		16-20.VIII	131,3	18,2	34,14	-15,9	254
211		21-25.VIII	139,3	14,3	36,22	-21,9	480
212		26-31.VIII	137,3	15,4	35,70	-20,3	412
213		1-5.IX	144	19,9	37,44	-17,5	308
214		6-10.IX	158,1	25,8	41,11	-15,3	234
215		11-15.IX	152,5	21,4	39,65	-18,3	333
216		16-20.IX	168	29,8	43,68	-13,9	193
217		21-25.IX	189,6	35,7	49,30	-13,6	185
218		26-30.IX	186,4	48	48,46	-0,5	0
219		1-5.X	218,7	52,3	56,86	-4,6	21
220		6-10.X	204,1	47,8	53,07	-5,3	28
221		11-15.X	191,9	46,3	49,89	-3,6	13
222		16-20.X	182,8	49,6	47,53	2,1	4
223		21-25.X	208,3	54,7	54,16	0,5	0
224		26-31.X	228,7	57,4	59,46	-2,1	4
225		1-5.XI	194,7	55,9	50,62	5,3	28

сума 19509
 $S = 9,3 \text{ м}^3/\text{с}$
 $S/\sigma = 0,40$
 $P = 87 \%$
 $\sigma = 21,8 \text{ м}^3/\text{с}$
 $\delta_{\text{доп}} = 14,7 \text{ м}^3/\text{с}$

Табл. Д.2 – Розрахунок середньоквадратичної похибки за липень

№ з/п	Рік	Період, на який дається прогноз (t+5)	$\sum W_t$	Середньопентадні витрати води, Q_{t+5}		$\bar{Q}_i - \bar{Q}'$	$(\bar{Q}_i - \bar{Q}')^2$
				спостережені	завбачені		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2001	1-5.VII	411,9	88,3	94,74	-6,4	41
2		6-10.VII	297,8	60,2	68,49	-8,3	69
3		11-15.VII	253	53,4	58,19	-4,8	23
4		16-20.VII	166,6	35,8	38,32	-2,5	6
5		21-25.VII	162,6	33,3	37,40	-4,1	17
6		26-31.VII	135,4	29,2	31,14	-1,9	4
7	2002	1-5.VII	157	36,4	36,11	0,3	0,1
8		6-10.VII	133,8	32,6	30,77	1,8	3
9		11-15.VII	126,8	27,7	29,16	-1,5	2
10		16-20.VII	111,1	21,9	25,55	-3,7	13
11		21-25.VII	100,7	28,2	23,16	5,0	25
12		26-31.VII	114,5	28,8	26,34	2,5	6
13	2003	1-5.VII	85,4	27,8	19,64	8,2	67
14		6-10.VII	86	19,8	19,78	0,0	0
15		11-15.VII	93,5	25,2	21,51	3,7	14
16		16-20.VII	113,8	30,3	26,17	4,1	17
17		21-25.VII	125,8	31,9	28,93	3,0	9
18		26-31.VII	103,3	26,6	23,76	2,8	8
19	2004	1-5.VII	78,8	14,9	18,12	-3,2	10
20		6-10.VII	74,7	15,5	17,18	-1,7	3
21		11-15.VII	73,1	19,2	16,81	2,4	6
22		16-20.VII	79,4	20	18,26	1,7	3
23		21-25.VII	73,5	16,1	16,91	-0,8	1
24		26-31.VII	55,5	17,3	12,77	4,5	21
25	2005	1-5.VII	159,1	36,4	36,59	-0,2	0
26		6-10.VII	138,4	31,7	31,83	-0,1	0
27		11-15.VII	145,6	36	33,49	2,5	6
28		16-20.VII	145,7	31,1	33,51	-2,4	6
29		21-25.VII	141,8	36,4	32,61	3,8	14
30		26-31.VII	140,3	35,2	32,27	2,9	9

Продовження табл. Д.2

1	2	3	4	5	6	7	8
31	2006	1-5.VII	411,9	88,3	94,74	-6,4	41
32		6-10.VII	297,8	60,2	68,49	-8,3	69
33		11-15.VII	253	53,4	58,19	-4,8	23
34		16-20.VII	166,6	35,8	38,32	-2,5	6
35		21-25.VII	162,6	33,3	37,40	-4,1	17
36		26-31.VII	135,4	29,2	31,14	-1,9	4
37	2007	1-5.VII	70,2	14,1	16,15	-2,0	4
38		6-10.VII	84,8	13,6	19,50	-5,9	35
39		11-15.VII	126,6	12,7	29,12	-16,4	270
40		16-20.VII	117,6	11,7	27,05	-15,3	236
41		21-25.VII	132,5	12,3	30,48	-18,2	330
42		26-31.VII	102,9	12,8	23,67	-10,9	118
43	2008	1-5.VII	92,1	23,6	21,18	2,4	6
44		6-10.VII	83,1	16,7	19,11	-2,4	6
45		11-15.VII	68,5	15,3	15,76	-0,5	0
46		16-20.VII	70,9	15,2	16,31	-1,1	1
47		21-25.VII	100,9	15,2	23,21	-8,0	64
48		26-31.VII	115	26,5	26,45	0,0	0
49	2009	1-5.VII	184,1	35,4	42,34	-6,9	48
50		6-10.VII	131,5	29,7	30,25	-0,5	0
51		11-15.VII	123,8	35,4	28,47	6,9	48
52		16-20.VII	118,4	23,3	27,23	-3,9	15
53		21-25.VII	130,4	24,1	29,99	-5,9	35
54		26-31.VII	101	21,6	23,23	-1,6	3
55	2010	1-5.VII	295,2	98,7	67,90	30,8	949
56		6-10.VII	286,5	79	65,90	13,1	172
57		11-15.VII	288,7	67,3	66,40	0,9	1
58		16-20.VII	246,6	56,3	56,72	-0,4	0
59		21-25.VII	228,9	46,1	52,65	-6,5	43
60		26-31.VII	194,3	39,7	44,69	-5,0	25

сума 2811,3
 $S = 7,2 \text{ м}^3/\text{с}$
 $S/\sigma = 0,38$
 $P = 91 \%$
 $\sigma = 18,8 \text{ м}^3/\text{с}$
 $\delta_{\text{доп}} = 12,6 \text{ м}^3/\text{с}$

Табл. Д.3 – Розрахунок середньоквадратичної похибки за серпень

№ з/п	Рік	Період, на який дається прогноз (t+5)	$\sum W_t$	Середньопентадні витрати води, Q_{t+5}		$\bar{Q}_i - \bar{Q}'$	$(\bar{Q}_i - \bar{Q}')^2$
				спостережені	завбачені		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2001	1-5.VIII	180,2	49,1	41,45	7,7	59
2		6-10.VIII	237,5	50,3	54,63	-4,3	19
3		11-15.VIII	213,8	52,8	49,17	3,6	13
4		16.20.VIII	158,1	44,8	36,36	8,4	71
5		21-25.VIII	212,8	39,7	48,94	-9,2	85
6		26-31.VIII	186,4	34,2	42,87	-8,7	75
7	2002	1-5.VIII	118,5	34,3	27,26	7,0	50
8		6-10.VIII	119,3	27,6	27,44	0,2	0
9		11-15.VIII	114,3	26,4	26,29	0,1	0
10		16.20.VIII	133,9	43,4	30,80	12,6	159
11		21-25.VIII	199,7	55,2	45,93	9,3	86
12		26-31.VIII	171,5	39,9	39,45	0,5	0
13	2003	1-5.VIII	95,1	23,2	21,87	1,3	2
14		6-10.VIII	96,3	20,7	22,15	-1,4	2
15		11-15.VIII	93,8	19,8	21,57	-1,8	3
16		16.20.VIII	87,4	16,2	20,10	-3,9	15
17		21-25.VIII	85	18,2	19,55	-1,4	2
18		26-31.VIII	78,2	18,8	17,99	0,8	1
19	2004	1-5.VIII	50,7	31,7	11,66	20,0	402
20		6-10.VIII	122,8	51,4	28,24	23,2	536
21		11-15.VIII	178,2	42,2	40,99	1,2	1
22		16.20.VIII	162,1	44,3	37,28	7,0	49
23		21-25.VIII	143,5	34,9	33,01	1,9	4
24		26-31.VIII	164,2	46,5	37,77	8,7	76
25	2005	1-5.VIII	119,8	24,6	27,55	-3,0	9
26		6-10.VIII	120,7	31,5	27,76	3,7	14
27		11-15.VIII	166,9	38,6	38,39	0,2	0
28		16.20.VIII	143,1	39,1	32,91	6,2	38
29		21-25.VIII	137,4	36,9	31,60	5,3	28
30		26-31.VIII	161,6	55,1	37,17	17,9	322

Продовження табл. Д.3

1	2	3	4	5	6	7	8
31	2006	1-5.VIII	158,8	28,7	36,52	-7,8	61
32		6-10.VIII	105,2	27,6	24,20	3,4	12
33		11-15.VIII	104,6	29	24,06	4,9	24
34		16.20.VIII	99,5	31,5	22,89	8,6	74
35		21-25.VIII	104,2	27,9	23,97	3,9	15
36		26-31.VIII	123	36,4	28,29	8,1	66
37	2007	1-5.VIII	130,9	12,2	30,11	-17,9	321
38		6-10.VIII	105,4	15	24,24	-9,2	85
39		11-15.VIII	124,2	19,3	28,57	-9,3	86
40		16.20.VIII	123,7	21,6	28,45	-6,9	47
41		21-25.VIII	174,9	34,7	40,23	-5,5	31
42		26-31.VIII	133,2	30,5	30,64	-0,1	0
43	2008	1-5.VIII	180,2	49,1	41,45	7,7	59
44		6-10.VIII	237,5	50,3	54,63	-4,3	19
45		11-15.VIII	213,8	52,8	49,17	3,6	13
46		16.20.VIII	158,1	44,8	36,36	8,4	71
47		21-25.VIII	212,8	39,7	48,94	-9,2	85
48		26-31.VIII	186,4	34,2	42,87	-8,7	75
49	2009	1-5.VIII	101,1	18,8	23,25	-4,5	20
50		6-10.VIII	93,6	14,7	21,53	-6,8	47
51		11-15.VIII	70,5	13,4	16,22	-2,8	8
52		16.20.VIII	79	11	18,17	-7,2	51
53		21-25.VIII	73,5	12,2	16,91	-4,7	22
54		26-31.VIII	76,6	23	17,62	5,4	29
55	2010	1-5.VIII	182,5	30,7	41,98	-11,3	127
56		6-10.VIII	161	25,8	37,03	-11,2	126
57		11-15.VIII	128,6	21,5	29,58	-8,1	65
58		16.20.VIII	131,3	18,2	30,20	-12,0	144
59		21-25.VIII	139,3	14,3	32,04	-17,7	315
60		26-31.VIII	137,3	15,4	31,58	-16,2	262

сума 4159
 $S = 8,8 \text{ м}^3/\text{с}$
 $S/\sigma = 0,71$
 $P = 67\%$
 $\sigma 12,4 \text{ м}^3/\text{с}$
 $\delta_{\text{доп}} 8,4 \text{ м}^3/\text{с}$

Табл. Д.4 – Розрахунок середньоквадратичної похибки за вересень

№ з/п	Рік	Період, на який дається прогноз (t+5)	ΣW	Середньопентадні витрати води, Q_{t+5}		$\bar{Q}_i - \bar{Q}'$	$(\bar{Q}_i - \bar{Q}')^2$
				спостережені	завбачені		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2001	1-5.IX	204,5	60,7	53,17	7,5	57
2		6-10.IX	301,4	81,2	78,36	2,8	8
3		11-15.IX	285,7	77,9	74,28	3,6	13
4		16-20.IX	282,7	75,2	73,50	1,7	3
5		21-25.IX	253	67,5	65,78	1,7	3
6		26-30.IX	215,5	68,1	56,03	12,1	146
7	2002	1-5.IX	141	30,5	36,66	-6,2	38
8		6-10.IX	133,9	26,3	34,81	-8,5	72
9		11-15.IX	154,8	41,5	40,25	1,3	2
10		16-20.IX	219,6	62,2	57,10	5,1	26
11		21-25.IX	224,9	49,2	58,47	-9,3	86
12		26-30.IX	229,9	63,9	59,77	4,1	17
13	2003	1-5.IX	87,7	14,3	22,80	-8,5	72
14		6-10.IX	81,2	19,9	21,11	-1,2	1
15		11-15.IX	85,4	18,7	22,20	-3,5	12
16		16-20.IX	84,9	13,6	22,07	-8,5	72
17		21-25.IX	77	22,8	20,02	2,8	8
18		26-30.IX	106,8	31,2	27,77	3,4	12
19	2004	1-5.IX	182,6	62,6	47,48	15,1	229
20		6-10.IX	174,7	50,7	45,42	5,3	28
21		11-15.IX	144,8	44,9	37,65	7,3	53
22		16-20.IX	135,4	33,6	35,20	-1,6	3
23		21-25.IX	147,4	45,5	38,32	7,2	51
24		26-30.IX	182,1	65,2	47,35	17,9	319
25	2005	1-5.IX	246,5	69,3	64,09	5,2	27
26		6-10.IX	247	61,9	64,22	-2,3	5
27		11-15.IX	203,6	58,5	52,94	5,6	31
28		16-20.IX	217,7	53,8	56,60	-2,8	8
29		21-25.IX	209,9	53,8	54,57	-0,8	1
30		26-30.IX	195,1	64,5	50,73	13,8	190

Продовження табл. Д.4

1	2	3	4	5	6	7	8
31	2006	1-5.IX	204,5	60,7	53,17	7,5	57
32		6-10.IX	301,4	81,2	78,36	2,8	8
33		11-15.IX	285,7	77,9	74,28	3,6	13
34		16-20.IX	282,7	75,2	73,50	1,7	3
35		21-25.IX	253	67,5	65,78	1,7	3
36		26-30.IX	215,5	68,1	56,03	12,1	146
37	2007	1-5.IX	123,7	20,7	32,16	-11,5	131
38		6-10.IX	148,4	23,4	38,58	-15,2	231
39		11-15.IX	132	39	34,32	4,7	22
40		16-20.IX	217,1	54,1	56,45	-2,3	6
41		21-25.IX	219	47,5	56,94	-9,4	89
42		26-30.IX	204,3	62,7	53,12	9,6	92
43	2008	1-5.IX	171,9	26,1	44,69	-18,6	346
44		6-10.IX	121,7	26,2	31,64	-5,4	30
45		11-15.IX	111	26	28,86	-2,9	8
46		16-20.IX	141,3	43,8	36,74	7,1	50
47		21-25.IX	229,8	78,8	59,75	19,1	363
48		26-30.IX	332,5	96,6	86,45	10,2	103
49	2009	1-5.IX	105,1	15,5	27,33	-11,8	140
50		6-10.IX	84,1	18	21,87	-3,9	15
51		11-15.IX	96,9	14,7	25,19	-10,5	110
52		16-20.IX	97	13,6	25,22	-11,6	135
53		21-25.IX	84,2	14,1	21,89	-7,8	61
54		26-30.IX	76,1	17	19,79	-2,8	8
55	2010	1-5.IX	144	19,9	37,44	-17,5	308
56		6-10.IX	158,1	25,8	41,11	-15,3	234
57		11-15.IX	152,5	21,4	39,65	-18,3	333
58		16-20.IX	168	29,8	43,68	-13,9	193
59		21-25.IX	189,6	35,7	49,30	-13,6	185
60		26-30.IX	186,4	48	48,46	-0,5	0

сума 4782
 $S = 9,4\text{M}^3/\text{c}$
 $S/\sigma = 0,43$
 $P = 85\%$
 $\sigma = 21,9\text{M}^3/\text{c}$
 $\delta_{\text{доп}} = 14,8\text{M}^3/\text{c}$

Табл. Д.5 – Розрахунок середньоквадратичної похибки за жовтень

№ з/п	Рік	Період, на який дається прогноз	ΣW_t	Середньопентадні вит- рати води, Q_{t+5}		$\bar{Q}_i - \bar{Q}'$	$(\bar{Q}_i - \bar{Q}')^2$
		(t+5)		спостережені	завбачені		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2002	1-5.X	225,1	72,2	63,03	9,2	84
2		6-10.X	255,2	71,8	71,46	0,3	0
3		11-15.X	230,6	74,9	64,57	10,3	107
4		16-20.X	274,8	69,6	76,94	-7,3	54
5		21-25.X	253	72,5	70,84	1,7	3
6		26-31.X	259,4	72,7	72,63	0,1	0
7		1-5.XI	254,5	67,0	71,26	-4,3	18
8	2003	1-5.X	120,2	41	33,66	7,3	54
9		6-10.X	170,6	44,8	47,77	-3,0	9
10		11-15.X	209,8	53	58,74	-5,7	33
11		16-20.X	170,2	45,8	47,66	-1,9	3
12		21-25.X	176	47	49,28	-2,3	5
13		26-31.X	178,7	47,5	50,04	-2,5	6
14		1-5.XI	168,1	51,5	47,07	4,4	20
15	2004	1-5.X	199,9	77,5	55,97	21,5	463
16		6-10.X	221,6	74,9	62,05	12,9	165
17		11-15.X	233,9	71,3	65,49	5,8	34
18		16-20.X	207	64,6	57,96	6,6	44
19		21-25.X	213,5	58,9	59,78	-0,9	1
20		26-31.X	211,7	56,4	59,28	-2,9	8
21		1-5.XI	208,2	55,2	58,30	-3,1	10
22	2005	1-5.X	205,8	63,5	57,62	5,9	35
23		6-10.X	237,1	69,8	66,39	3,4	12
24		11-15.X	245,5	63,1	68,74	-5,6	32
25		16-20.X	232,1	67,8	64,99	2,8	8
26		21-25.X	254,2	74,8	71,18	3,6	13
27		26-31.X	215,4	65,5	60,31	5,2	27
28		1-5.XI	206,9	61,4	57,93	3,5	12

1	2	3	4	5	6	7	8
29	2006	1-5.X	293	76,1	82,04	-5,9	35
30		6-10.X	316,2	86	88,54	-2,5	6
31		11-15.X	214,8	75	60,14	14,9	221
32		16-20.X	212,6	73,4	59,53	13,9	192
33		21-25.X	189,5	69,9	53,06	16,8	284
34		26-31.X	218,8	69,2	61,26	7,9	63
35		1-5.XI	216,2	72,9	60,54	12,4	153
36	2007	1-5.X	238,9	74,7	66,89	7,8	61
37		6-10.X	244,8	68,9	68,54	0,4	0
38		11-15.X	199,3	57,5	55,80	1,7	3
39		16-20.X	219,6	43,5	61,49	-18,0	324
40		21-25.X	180,7	47,1	50,60	-3,5	12
41		26-31.X	198,4	50,7	55,55	-4,9	24
42		1-5.XI	190	53,2	53,20	0,0	0
43	2008	1-5.X	374,5	105	104,86	0,1	0
44		6-10.X	357,7	102	100,16	1,8	3
45		11-15.X	345,9	90,4	96,85	-6,5	42
46		16-20.X	355,6	83,9	99,57	-15,7	245
47		21-25.X	318,5	78,1	89,18	-11,1	123
48		26-31.X	310,3	68,2	86,88	-18,7	349
49		1-5.XI	268,1	64,7	75,07	-10,4	107
50	2009	1-5.X	98,4	17,7	27,55	-9,9	97
51		6-10.X	132	34,4	36,96	-2,6	7
52		11-15.X	166,2	42,9	46,54	-3,6	13
53		16-20.X	183,9	34,5	51,49	-17,0	289
54		21-25.X	159,4	51,1	44,63	6,5	42
55		26-31.X	169,5	48,5	47,46	1,0	1
56		1-5.XI	153	44,7	42,84	1,9	3
57	2010	1-5.X	218,7	52,3	61,24	-8,9	80
58		6-10.X	204,1	47,8	57,15	-9,3	87
59		11-15.X	191,9	46,3	53,73	-7,4	55
60		16-20.X	182,8	49,6	51,18	-1,6	3
61		21-25.X	208,3	54,7	58,32	-3,6	13
62		26-31.X	228,7	57,4	64,04	-6,6	44
63		1-5.XI	194,7	55,9	54,52	1,4	2

сума 4243
S = 8,2М³/с
S/σ = 0,52
P= 86%
σ= 15,8М³/с

δдоп= 10,6М³/с

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ
З ДИСЦИПЛІНИ

“ДОВГОСТРОКОВІ ГІДРОЛОГІЧНІ ПРОГНОЗИ”

за темою «Довгострокові прогнози меженного стоку річок»

для магістрів I року денної форми навчання
спеціальності 103 «Науки про Землю»,
ОПП «Гідрологія»

Укладачі: Шакірманова Жаннетта Рашидівна
Погорелова Марина Полікарпівна

Підп. До друку Формат 60x84/16 Папір. друк.
Умовн.друк. арк. Тираж 100 Зам.№

Одеський державний екологічний університет
65016, м. Одеса, вул. Львівська, 15

Надруковано з готового оригінал – макета

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ
З ДИСЦИПЛІНИ

“ДОВГОСТРОКОВІ ГІДРОЛОГІЧНІ ПРОГНОЗИ”

за темою «Довгострокові прогнози меженного стоку річок»

для магістрів I року денної форми навчання
спеціальності 103 «Науки про Землю»,
ОПП «Гідрологія»

Затверджено
на засіданні методичної комісії
гідрометеорологічного інституту
протокол № від _____ 2019 р.
Голова метод.комісії _____ Овчарук В.А.

Одеса – 2019