

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК
до САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ
та виконання контрольних робіт з дисципліни
“Гідрологічні прогнози”
для студентів V курсу заочного факультету
Напрямок підготовки гідрометеорологія
Спеціальність “Гідрологія та гідрохімія”**

**“ЗАТВЕРДЖЕНО”
на засіданні методичної ради універ-
ситету
Протокол № 9 від 1.07.2004 р.**

Одеса – 2004

Збірник Методичних вказівок до СРС та виконання контрольних робіт з дисципліни “Гідрологічні прогнози” для студентів V курсу заочного факультету за спеціальністю “Гідрологія та гідрохімія” / Укладачі: Сербов М.Г., Шакірзанова Ж.Р. – Одеса, ОДЕКУ, 2004, 56 с., укр.мова.

ЗМІСТ

	Вступ.....	6
1	Загальна частина.....	7
1.1	Мета і задачі дисципліни.....	7
1.2	Перелік тем лекцій.....	8
1.3	Перелік практичних завдань.....	11
1.4	Теми контрольних робіт.....	12
1.5	Перелік навчальної літератури.....	13
2	Організація самостійної роботи студентів з гідропрогнозів.....	14
2.1	Перелік завдань на самостійну роботу.....	14
2.2	Рекомендації по послідовному вивченню теоретичного матеріалу.....	17
2.3	Теми курсових проектів з гідропрогнозів.....	21
2.4	Завдання і пояснення по виконанню контрольних робіт.....	24
	Контрольна робота №1.....	25
	Контрольна робота №2.....	34
	Додаток А.....	47
	Додаток Б.....	52

ВСТУП

При заочному навчанні самостійна робота студентів над навчальним матеріалом є основним видом занять.

Самостійна робота студентів-заочників складається із наступного:

- Вивчення матеріалу окремих дисциплін за обзорними лекціями, підручниками та навчальними посібниками.
- Виконання контрольних завдань та курсове проектування, які дають змогу студентам узагальнити вивчений матеріал та отримані знання надати до рішень теоретичних або практичних питань даної дисципліни.

Методичні вказівки та контрольні завдання послугують керівними документами при вивченні дисципліни „Гідрологічні прогнози” і складені для того, щоб допомогти студентам організувати свою самостійну роботу та облегшити їм засвоєння навчальної дисципліни.

Методичні вказівки містять не тільки перелік основних питань курсу, але й вказівки, як самостійно працювати над курсом, як перевіряти засвоєння матеріалу в процесі праці, які контрольні роботи і на якому етапі вивчення курсу треба виконати, на що звернути увагу та ін.

До кожної теми надаються вказівки до порядку вивчення дисципліни, список навчальної літератури та звертається увага на основні положення і важкі для розуміння розділи. Методичні вказівки включають контрольні завдання та вказівки про порядок їх виконання.

При вивченні курсу необхідно добитися повного та свідомого засвоєння теоретичних основ дисципліни, що вивчається, навчитися застосувати теорію до рішення практичних завдань та оволодіти проведенням технічних розрахунків. Тільки тоді, коли буде вивчена окрема частина курсу, що вказана у програмі, можна приступати до виконання відповідної контрольної роботи.

Вивчення дисципліни „Гідрологічні прогнози” включає:

- обзорні лекції;
- самостійне вивчення теоретичного курсу;
- виконання контрольних робіт та курсового проекту;
- підсумковий контроль.

1. Загальна частина

1.1. Мета та задачі курсу

Дисципліна „Гідрологічні прогнози” належить до вибірових спеціалізованих дисциплін.

Гідрологічний прогноз – це визначення (передбачення) з той чи іншою завчасністю елементів гідрологічного режиму, яке засновано на знанні закономірностей розвитку природних процесів в різних фізико-географічних умовах.

Мета викладання дисципліни – засвоєння основних методів гідрологічних прогнозів водного та льодового режимів річок, озер (водосховищ).

Завдання вивчення дисципліни – одержання практичних навиків роботи по складанню оперативних гідрологічних прогнозів за методикою та оцінки їх якості.

Дисципліна „Гідрологічні прогнози” – одна з найбільш важливих частин на завершальному етапі підготовці спеціалістів в галузі гідрології та гідрохімії. Дисципліна вимагає глибоких та багатограних знань закономірностей формування та розвитку гідрологічних процесів, вміння застосовувати ці знання при залученні моделей стокових процесів для подальшої розробки методик прогнозу майбутнього стану водних об’єктів.

В результаті вивчення курсу гідрологічних прогнозів студенти повинні **знати**:

- основні методи гідрологічних та гідролого-сіноптичних прогнозів характеристик водних об’єктів;
- підходи та критерії оцінки якості та точності методики індивідуального прогнозу;
- організацію служби гідрологічних прогнозів в Україні та інших країнах. Основні вимоги до прогнозу.

На основі отриманих знань студенти повинні **вміти**:

- організувати базу гідрометеорологічних даних та виконати обробку даних інформаційної мережі, створити автоматизовані системи для сповіщення споживачів про ООЯ;
- випускати оперативні гідрологічні прогнози з обліком поточного коректування оцінки їх точності;
- з обліком попиту споживача (даної галузі або народногосподарського об’єкта) та наявності початкової гідрометеорологічної інформації;

Дисципліна спирається на комплекс фундаментальних дисциплін: вища математика, теорія ймовірності, фізика, обчислювальна техніка та програмування, а також на такі природничо-наукові дисципліни, як геофізична гідродинаміка, основи математичного моделювання, фізика атмос-

фери, кліматологія, методи гідрометеорологічних вимірювань, методи аналізу та обробки гідрометеорологічної інформації, фізична гідрологія, гідрологічні розрахунки, гідрофізика та ін.

Отримані студентами знання та вміння використовуються при курсовому та дипломному проектуванні.

1.2 Перелік тем лекційного курсу

№	Найменування теми, її зміст
1.	Загальні відомості про гідрологічні прогнози. Предмет та задачі курсу. Коротка історична довідка. Метод та методика. Завчасність прогнозів. Класифікація гідрологічних прогнозів. Головні етапи розробки методик гідрологічних прогнозів [1].
2.	Загальні принципи оцінки точності методик прогнозування та виправданості прогнозів. Похибка прогнозу. Припустима похибка прогнозу. Критерій виправданості прогнозу. Кількісна міра точності методики. Критерії ефективності методик прогнозу. Форми випуску прогнозів [1,2,6].
3.	Гідрологічна інформація. Основні вимоги, які пред'являють різні галузі народного господарства до гідрологічної інформації. Порядок надходження відомостей та обробка даних інформаційної мережі. Організація служби гідрологічних прогнозів [1,6].
4.	Прогнози витрат і рівнів води, засновані на закономірностях руху річкового потоку. Метод відповідних рівнів. Прогноз по методу відповідних рівнів на слабоприпливних (безприпливних) та припливних ділянках річок. Час добігання та способи його визначення. Паводкова хвиля як хвиля переміщення. Рішення системи рівнянь Сен – Венана з метою вирішення задач гідропрогнозів. Головні принципи складання методик прогнозу за закономірностями руху паводкової хвилі (метод відповідних витрат та рівнів води). Прогнози за методом відповідних рівнів та витрат води на припливних ділянках [1,2,4].
5.	Гідрологічні моделі прямування в руслах річок. Балансові моделі трансформації паводків на безприпливних ділянках: Маскінгам, Калініна-Мілюкова. Моделі, які збудовані на використанні морфометричної кривої об'єму запасу води в руслах річок [1,2,4].
6.	Довгострокові прогнози стоку влітку, восени, взимку. Фактори меженного стоку. Прогноз стоку за місяць для літньо-осінньої межени за даними про попередні витрати води та про запа-

	си води у руслах річок. Прогноз стоку за місяць для літньо-осінньої межени за даними про запаси води у руслах річок, опади та вологість ґрунту. Прогноз мінімальних витрат води за місяць влітку. Прогноз мінімальних витрат води за місяць взимку [1,2,3].
7.	Прогнози дощових паводків. Зональні та локальні особливості формування дощового стоку. Генетична формула стоку. Моделі втрат дощових вод, методи їх реалізації в різних регіональних умовах. Лінійна модель паводка. Практичні способи прогнозів дощових паводків по даних про опади та приплив води в річкову мережу. Визначення кривих добігання стоку [1,2,4].
8.	Довгострокові прогнози елементів весняного водопілля для рівнинних річок. Рівняння водного балансу за період весняного водопілля. Запас води у сніговому покриві. Розрахунки запасів води у льодовій корці. Розрахунки опадів за період сніготанення. Розрахунки опадів, що випадають на поверхню звільнену від снігу. Визначення вологозапасів у ґрунтах на початок сніготанення. Розрахунки поверхневого затримання та інфільтрації талої води у ґрунт. Льдистість ґрунту як фактор інфільтрації. Глибина промерзання ґрунту. Загальна характеристика прийомів складання методик довгострокових прогнозів стоку за період весняного водопілля [1,2,3].
9.	Короткострокові прогнози елементів весняного водопілля для рівнинних річок Розрахунки інтенсивності сніготанення за рівнянням теплового балансу снігового покриву. Розрахунки інтенсивності сніготанення в залежності від коефіцієнту танення. Розрахунки водовіддачі снігового покриву. Розрахунки втрат поталих вод при інфільтрації у мерзлий ґрунт та заповненні безстічних понижень [1,2,4].
10	Прогнози весняно-літнього водопілля гірських річок. Особливості формування водопілля гірських річок. Рівняння водного балансу водозборів гірських річок за період весняного водопілля. Оцінка снігозапасів при наявності даних по висотним зонам. Визначення індексу снігозапасів на начало весняного водопілля з урахуванням коефіцієнту танення. Методичні підходи до складання методик прогнозів стоку гірських річок. Прогноз стоку за період вегетації та по місяцях [1,2,3].
11	Короткострокові прогнози замерзання річок, озер та водосховищ, товщина льодяного покриву. Короткі відомості про процес льодоутворення. Фізичні основи прогнозів. Короткостроковий прогноз появи льодових утворень та льодяного покриву на основі фізико-статистичних залежностей.

	Прогноз наростання товщини крижаного покриття [1,2,5].
12	Короткострокові прогнози розкриття річок, озер та водосховищ. Прогнози розкриття річок. Прогноз першого просунення льоду. Прогноз дати початку дрейфу льоду на водосховищах. Прогноз очищення від льоду водосховищ та озер [1,2,5].
13	Довгострокові прогнози льодових явищ на річках. Фізичні основи довгострокових прогнозів замерзання та скресання річок, озер та водосховищ. Головні атмосферні процеси, які обумовлюють скресання та замерзання річок у різних регіонах [1,2,5]

1.3 Перелік практичних завдань

№	Назва теми та її зміст
1.	Визначення часу руслового добігання за методом відповідних рівнів води. Вибір слабкоприпливної ділянки річки з часом добігання не менш 2-3 діб. Визначення часу добігання [2,4,7].
2.	Розрахунки руслових запасів води у річковій мережі. Поділ річкової мережі на ділянки. Вибір методу визначення руслових запасів води щодо вихідних даних. Складання формули для розрахунку запасів води в річковій мережі щодо завчасності прогнозу витрати (рівня) води [2,4,7].
3.	3.1. Розрахунок ординат функції трансформації за формулою Г.П.Калініна-М.Ф.Мілюкова. По заданих параметрах розрахунок ординат кривої до-бігання за формулою Г.П.Калініна-М.Ф.Мілюкова. Приведення суми ординат до одиниці [2,4,7]. 3.2. Розрахунок гідрографа дощового паводку за інтегралом Дюамеля. Розрахунок гідрографу дощового паводка у нижньому створі за даними витрат води у верхньому створі ділянки річки за інтегралом Дюамеля. Оцінка розрахункового гідрографу [2,4,7].
4.	Розрахунок водовіддачі із снігового покриття за методом А.Г.Ковзеля. Визначення інтенсивності сніготанення та водовіддачі за методом А.Г.Ковзеля, визначення площі одночасового сніготанення [2,4].
5.	Визначення висоти сезонної снігової лінії у горах. Розрахунок висоти сезонної снігової лінії за методом температури наявного сніготанення у період весняно-літнього водопілля на гірських річках [2,3].

1.4 Теми контрольних робіт

№	Назва теми
1.	Побудова кривої руслових запасів для ділянки річки і визначення часу руслового добігання води [2,4,7].
2.	Розробка методики довгострокових прогнозів шарів стоку за період весняного водопілля на рівнинних річках [1,2,3,6,8].

1.5 Перелік навчальної літератури

Основна

1. Апполов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов: Учебник. - Л.: Гидрометеиздат, 1974. - 440 с.
2. Бефани Н.Ф., Калинин Г.П. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам: Учебное пособие. - Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 390 с.

Додаткова

3. Руководство по гидрологическим прогнозам. Долгосрочные прогнозы элементов водного режима рек и водохранилищ. – Л.: Гидрометеиздат. – Вып. 1. – 1989. – 357с.
4. Руководство по гидрологическим прогнозам. Краткосрочный прогноз расхода и уровня воды на реках. – Л.: Гидрометеиздат. – Вып. 2. – 1989. – 246с.
5. Руководство по гидрологическим прогнозам. Прогноз ледовых явлений на реках и водохранилищах – Л.: Гидрометеиздат. – Вып. 3. – 1989. – 168с.
6. Наставление по службе прогнозов. – Вып.3, ч.1,Л.: Гидрометеиздат. – 1962. – 194с.

Перелік методичних вказівок до практичних завдань

7. Бефани Н.Ф., Шакірзанова Ж.Р. Збірник методичних вказівок до практичних занять з курсу «Гідрологічні прогнози». – Одеса, 2001. – 75 с.
8. Лобода Н.С., Шакірзанова Ж.Р. Збірник методичних вказівок до практичних занять з курсу „Гідрологічні прогнози” / „Довгострокові прогнози елементів весняного водопілля”. – Одеса, 2003. – 30 с.

2 Організація самостійної роботи студентів з гідро прогнозів
2.1.Перелік тем самостійного вивчення дисципліни „Гідропрогнози”

Теми	Завдання	Кіль- кість годин СРС	Контро- люючи заходи	Література
1	2	3		4
1. Загальні відомості про гідрологічні прогнози	Гідрологічна інформація. Основні вимоги, які пред'являють різні галузі народного господарства до гідрологічної інформації. Порядок надходження відомостей та обробка даних інформаційної мережі. Організація служби гідрологічних прогнозів.	15	Усне опитування	[1], розд.ІІ, с.39-48
2. Довгострокові прогнози стоку влітку, восени, взимку.	Фактори меженного стоку. Прогноз стоку за місяць для літньо-осінньої межені за даними про попередні витрати води та про запаси води у руслах річок. Прогноз стоку за місяць для літньо-осінньої межені за даними про запаси води у руслах річок, опади та вологість ґрунту. Прогноз мінімальних витрат за місяць влітку та взимку.	35	Усне опитування	[1], розд. VI, с.144-172; [2], розд.5, с.144-159, впр.5.1-5.3; [3], розд.14, с.316-326, розд.15, с.327-343
3. Прогнози дощових паводків.	Зональні та локальні особливості формування дощового стоку. Генетична формула стоку . Моделі втрат дощових вод методи їх реалізації в різних регіональних умовах. Лінійна модель паводка . Практичні способи прогнозів дощових паводків по даних про опади та приплив води в річну мережу .Визначення кривих добігання стоку .	34	Усне опитування	[1], розд.V, с.111-144; [2], розд.4, с.95-122, впр.4.3, 4.5; [4], розд.5.1, с.104-117

1	2	3		4
4. Короткострокові прогнози елементів весняного водопілля для рівнинних річок	Розрахунки інтенсивності сніготанення за рівнянням теплового балансу снігового покриву. Розрахунки інтенсивності сніготанення в залежності від коефіцієнту танення. Розрахунки водовіддачі снігового покриву. Розрахунки втрат танених вод при інфільтрації у мерзлий ґрунт та заповненні безстокових понижень.	30	Усне опитування	[1], розд. IX, с. 291-307; [2], розд. 8, с. 231-236, впр. 8.1-8.2; [4], розд. 5.2, 5.3, с. 117-122
5. Короткострокові прогнози розкриття річок, озер та водосховищ.	Прогнози розкриття річок. Прогноз першого проसунення льоду. Прогноз дати початку дрейфу льоду на водосховищах. Прогноз очищення від льоду водосховищ та озер.	30	Усне опитування	[1], розд. XIII, с. 366-387; [2], розд. 10, с. 313-336, впр. 10.1-10.3; [5], розд. 6, с. 105-132; розд. 7, с. 133-138
6. Довгострокові прогнози льодових явищ на річках	Фізичні основи довгострокових прогнозів замерзання та скресання річок, озер та водосховищ. Головні атмосферні процеси, які обумовлюють скресання та замерзання річок у різних регіонах.	30		[1], розд. XIV, с. 387-404; [2], розд. 11, с. 336-364, впр. 11.1-11.3; [5], розд. 8, с. 139-164

2.2. Перелік базових знань та вмінь з гідропрогнозів

Базові знання	Вміння
Критерії оцінки точності та якості прогнозів	Вміти оцінювати точність та якість прогнозів
Принцип побудови прогностичних методик за методом відповідних рівнів чи витрат води	Вміти будувати прогностичну методику за методом відповідних рівнів чи витрат води
Способи визначення часу добігання на безприпливних ділянках річок	Вміти вибрати спосіб визначення часу добігання в залежності від наявних даних
Способи визначення часу добігання на припливних ділянках річок	Вміти вибрати спосіб визначення часу добігання в залежності від наявних даних
Принцип прогнозування стоку в замикаючому створі за методом Маскінгам	Вміти виконувати розрахунки за методом Маскінгам
Принцип прогнозування стоку в замикаючому створі за Калініна - Мілюкова	Вміти виконувати розрахунки за методом Калініна - Мілюкова
Способи визначення руслових запасів	Вміти вибрати спосіб визначення руслових запасів в залежності від наявних даних
Трактування поняття про функцію впливу	Вміти використовувати різні форми представлення функції впливу в залежності від поставленої задачі при короткострокових прогнозах стоку
Фізичні та теоретичні основи довгострокових прогнозів стоку за межені	Вміти визначати ординати частинної кривої виснаження стоку
Основні чинники формування стоку весняного водопілля рівнинних річок	Вміти розробляти прогностичні залежності для різних географічних зон з урахуванням головних чинників весняного водопілля рівнинних річок
Особливості танення снігу та формування талого стоку	Вміти виконувати розрахунки ординат гідрографу талого стоку
Особливості фізико-географічних умов формування повені на гірських річках.	Вміти вибрати прогностичну методику в залежності від наявних даних

Механічні та теплові фактори скресання річок та водосховищ, різниця в умовах скресання річок та озер чи водосховищ	Вміти вибрати вид прогностичної методики в залежності від наявних даних
Фізичні основи довгострокових прогнозів замерзання та скресання річок, озер та водосховищ. Головні атмосферні процеси, які обумовлюють скресання та замерзання річок у різних регіонах	Вміти вибрати спосіб складання довгострокового прогнозу в залежності від переважаючих у даному регіоні атмосферних процесів

2.3 Перелік питань для самоперевірки по темам дисципліни

Контрольні запитання до теми „**Загальні відомості про гідрологічні прогнози**”,

1. Назвіть основні задачі дисципліни.
2. Що розуміють під завчасністю прогнозів?
3. Класифікація гідрологічних прогнозів.

Контрольні запитання до теми „**Загальні принципи оцінки точності методик прогнозування та виправданості прогнозів**”.

1. Як визначити похибку прогнозу?
2. Що називається допустимою похибкою прогнозів?
3. Який критерій слугує для оцінки методики прогнозів?

Контрольні запитання до теми „**Гідрологічна інформація**”.

1. Які відомості входять до інформаційної мережі?
2. Як виконується обробка гідрологічної інформації?
3. Що складає фонд науково-оперативних матеріалів гідропрогнозів?

Контрольні запитання до теми „**Прогнози витрат і рівнів води, засновані на закономірностях руху річкового потоку**”.

1. Що є теоретичною основою методу відповідних рівнів (витрат) води на ділянці річці?
2. Які існують практичні прийоми прогнозів за методом відповідних рівнів (витрат) води на безприпливних і припливних ділянках річок?

Контрольні запитання до теми „**Гідрологічні моделі прямування в руслах річок**”.

1. Які основні принципи розрахунку трансформації паводкової хвилі за методом Калініна-Мілюкова?

2. Для чого використовується морфометрична крива об'єму запасу води в руслах річок?

Контрольні запитання до теми **„Довгострокові прогнози стоку влітку, восени, взимку”**.

1. Що є теоретичною основою довгострокових прогнозів стоку у період межені?

2. Які практичні засоби використовуються для складання довгострокових прогнозів стоку у період межені?

3. Як визначити запаси води в русловій мережі?

Контрольні запитання до теми **„Прогнози дощових паводків”**.

1. Якою формулою описується схиловий стік?

2. Які основні фактори втрат води дощового стоку?

3. Які є практичні способи прогнозів дощових паводків?

Контрольні запитання до теми **„Довгострокові прогнози елементів весняного водопілля для рівнинних річок”**.

1. Рівняння водного балансу за період весняного водопілля як теоретична основа прогнозування шарів весняного стоку?

2. Перелічте основні фактори втрат води під час весняного водопілля рівнинних річок?

3. Методи визначення запасів води в сніговому покриві та льодовій корці, дощових опадів під час сніготанення та спаду весняного водопілля?

Контрольні запитання до теми **„Короткострокові прогнози елементів весняного водопілля для рівнинних річок”**.

1. На чому засновані короткострокові прогнози витрат води під час весняного водопілля рівнинних річок?

2. Що є теоретичною основою розрахунку інтенсивності сніготанення?

3. Як ведеться розрахунок водовіддачі із снігового покриву при перемінній та постійній водоутримуючій здатності снігу?

Контрольні запитання до теми **„Прогнози весняно-літнього водопілля гірських річок”**.

1. Які основні риси формування водопілля на гірських річках?

2. Що є теоретичною основою прогнозів весняно-літнього водопілля гірських річок?

3. Як розрахувати температуру повітря і кількість опадів на різних висотах у випадку відсутності даних спостережень?

Контрольні запитання до теми „**Короткострокові прогнози замерзання річок, озер та водосховищ, товщина льодяного покриву**”.

1. Як відбувається процес льодоутворення на річках та водосховищах? Основні умови появи льоду на річках?

2. На чому засновані прогнози дат з'явлення льоду та встановлення льодоставу?

3. Які вихідні дані необхідні для розрахунку наростання товщини крижаного покриву?

Контрольні запитання до теми „**Короткострокові прогнози розкриття річок, озер та водосховищ**”.

1. Фізичні процеси розкриття річок, озер та водосховищ?

2. Від яких факторів залежить дата розкриття річок, озер та водосховищ?

3. Які існують практичні засоби для прогнозу дати початку дрейфу льоду та очищення від нього водосховищ?

Контрольні запитання до теми „**Довгострокові прогнози льодових явищ на річках**”.

1. На чому засновані довгострокові прогнози льодових явищ на річках?

2. Які атмосферні процеси обумовлюють замерзання та розкриття річок в різних фізико-географічних зонах?

2.4 Перелік контролюючих запитань до практичних робіт

Контрольні запитання до практичного завдання “**Визначення часу руслового добігання за методом відповідних рівнів води**”.

1. Що називається часом руслового добігання води?

2. Методи визначення часу руслового добігання на ділянці річки.

3. Від яких факторів залежить час добігання на ділянці річки?

Контрольні запитання до практичного завдання “**Розрахунки руслових запасів води у річковій мережі**”.

1. Чому дорівнюють запаси води в річковій мережі?

2. Як виділити ділянки річкової мережі для розрахунку руслових запасів води?

3. Вказати необхідну вихідну інформацію для розрахунку руслових запасів по вище переліченим методам.

Контрольні запитання до практичного завдання **“Розрахунок ординат функції трансформації за формулою Г.П.Калініна-М.Ф.Мілюкова”**.

1. Що називається функцією добігання (трансформації)?
2. Які Ви знаєте методи визначення функції трансформації?
3. Які основні властивості функції трансформації та її графічний вигляд?

Контрольні запитання до практичного завдання **“ Розрахунок гідрографа дощового паводку за інтегралом Дюамеля”**.

1. Які методи відносяться до лінійних моделей трансформації для безприпливних ділянок річок? Запишіть основні формули розрахунку витрат води в нижньому створі у цих моделях.
2. Що називається “характерною ділянкою”?
3. Як впливають параметри n і τ на форму кривої трансформації?

Контрольні запитання до практичного завдання **“Розрахунок водовіддачі із снігового покриву за методом А.Г.Ковзеля”**.

1. Які вихідні метеорологічні дані необхідні для розрахунку сніготанення за методом Є.Г.Попова?
2. Від яких факторів залежить коефіцієнт танення снігу?
3. Дайте визначення понять “водовіддача снігового покриву” і “водозатримуюча здатність снігу”.
4. Як визначити площу одночасового сніготанення?
5. Яка дата приймається за дату початку водовіддачі із снігу?

Контрольні запитання до практичного завдання **“Визначення висоти сезонної снігової лінії у горах”**.

1. Як визначити висоту нульової та інших ізотерм в гірському басейні?
2. Що розуміють під “сезонною сніговою лінією”?
3. У чому суть метода визначення висоти снігової лінії за температурою наявного сніготанення?

2.5 Перелік запитань до контрольних робіт

Запитання до контрольної роботи №1 **“Побудова кривої руслових запасів води на ділянці річки”**.

1. Дайте визначення руслових запасів води в річковій системі.
2. Як визначити запаси води в русловій системі?
3. Які існують методи для побудови кривих об'ємів на ділянці річки? Надайте огляд цих методів.
4. Як побудувати типову криву об'ємів на ділянці річки?

5. Для чого використовують типову криву об'ємів води?

Запитання до контрольної роботи №2 **“Розробка методики довгострокового прогнозу шару стоку за весняне водопілля та її оцінка”**.

1. Що є теоретичною основою методу прогнозу стоку річки за період весняного водопілля?
2. Перелічить основні фактори, які впливають на формування весняного водопілля.
3. Дати короткий опис існуючих практичних підходів до розробки методики для прогнозу шару весняного водопілля:
 - а) метод водного балансу;
 - б) за рівнянням Є.Г.Попова при визначенні параметра загальних втрат води P_0 ;
 - в) на основі ємнісної та інфільтраційно-ємнісної моделі втрат води.
4. Які показники зволоженості ґрунту використовуються у якості фактора втрат талого стоку?

2.6 Рекомендації по послідовному вивченню теоретичного матеріалу

В *першому розділі* програми **“Загальні відомості про гідрологічні прогнози”** студентам необхідно засвоїти поняття про предмет та задачі курсу. Розуміти терміни *метод* і *методика* прогнозу, *завчасність гідрологічного прогнозу*, знати види класифікацій гідрологічних прогнозів, головні етапи розробки методик гідрологічних прогнозів.

При вивченні *другого розділу* програми **“Загальні принципи оцінки точності методик прогнозування та справджуваності прогнозів”** необхідно звернути увагу на такі критерії точності та якості прогнозу, як допустима похибка прогнозу $\delta_{\text{ДОП}}$, середня квадратична похибка перевірочних прогнозів S , відношення S/σ . Треба пам'ятати що умовою справджуваністю прогнозів є $\delta \leq \delta_{\text{ДОП}}$, а критерієм якості методики відношення S/σ . **Якість методики прогнозу вважається задовільною (при $n > 25$, де n - число перевірених прогнозів), коли $S/\sigma = 0.51 - 0.80$; доброю, коли $S/\sigma \leq 0.50$.** Необхідно розібрати й існуючі форми випуску прогнозів.

У *третьому розділі* **„Гідрологічна інформація”** необхідно знати основні вимоги, які пред'являють різні галузі народного господарства до гідрологічної інформації. Розібрати порядок надходження відомостей та етапи обробки даних інформаційної мережі. Звернути увагу на організацію служби гідрологічних прогнозів

У *четвертому розділі* “Прогнози витрат та рівнів води, засновані на закономірностях руху річкового потоку” надаються фізичні та теоретичні основи методів прогнозу відповідних рівнів на слабоприпливних (безприпливних) та припливних ділянках річок. Треба звернути увагу на те, що теоретичною основою цих прогнозів є закони несталого руху води у відкритому руслі, так звана система диференціальних рівнянь Сен-Венана. При цьому паводкова хвиля розглядається як хвиля переміщення водної маси.

У основі прогнозів за методом відповідних рівнів та витрат лежить принцип: при відсутності бокового припливу на ділянці річки витрати у верхньому створі будуть дорівнювати витратам нижнього створу з урахуванням часу добігання.

Головні принципи складання методик прогнозу за закономірностями руху паводкової хвилі (метод відповідних витрат та рівнів води) полягає у визначенні часу руслового добігання на ділянці річки та побудови прогностичної залежності відповідних рівнів (витрат) води, її оцінка. Розробка методики прогнозу витрат (рівнів) води на припливній ділянці пов’язана з побудовою карти-схеми ізохрон добігання і визначенні величини сумарного припливу води на ділянку річки.

У *п’ятому розділі* „Гідрологічні моделі прямування в руслах річок” потрібно розглянути балансові моделі трансформації паводків на безприпливних ділянках: Маскінгам, Калініна-Мілюкова; моделі, які збудовані на використанні морфометричної кривої об’єму запасу води в руслах річок.

Слід приділити увагу виведеному в методах Маскінгам та Калініна – Мілюкова рівнянню кривої добігання, як функції розподілу у часі витрат води у нижньому створі ділянки річки, що була отримана внаслідок надходження одиничної витрати до верхнього створу ділянки

$$r(t) = \frac{\Delta t}{\tau(n-1)!} \left(\frac{t}{\tau} \right)^{n-1} e^{-\frac{t}{\tau}},$$

де n - число характерних ділянок; τ - час добігання.

При вивченні *шостого розділу* програми “Довгострокові прогнози стоку влітку, восени, взимку” потрібно звернути увагу на загальну схему процесів стоку, складання рівняння водного балансу для різних фаз стоку, вміти визначати фактори меженного стоку. Прогноз за русловими запасами можливий тільки після закінчення весняної повені, у посушливий період, коли опадів практично немає, а підземна складова мало змінюється за часом.

Прогнози ж за кривими спаду (метод тенденцій) використовують залежність між близькими за часом витратами на спаді паводків та повеней. Теоретичною основою прогнозів по кривим спаду є аналітичне рівняння вигляду

$$Q_t = Q_0 e^{-\alpha t},$$

де Q_0 - початкова витрата; t - дата, на яку надається прогноз.

Розробка методів прогнозу стоку за місяць(декаду) для літньо-осінньої межени за даними про запаси води у річковій мережі та припливу воду до неї потребує вивчення способів розрахунку запасів води на ділянках річок і у річковій мережі в цілому, а також способів урахування стокоформуєчих опадів, які приймають участь у формуванні стоку за той період, для якого випускається прогноз.

У **сьомому розділі** “Прогнози дощових паводків” потрібно звернути увагу на такі питання: генетична формула, як основа методу ізохрон, вихідні умови застосування методу, лінійна модель паводку - інтеграл Дюамеля, способи визначення кривої добігання (функції впливу), втрати дощового стоку та їх розрахунок, практичні способи прогнозу дощових паводків.

Функція впливу (у графічному рішенні - крива добігання) - функція розподілу, що відображує послідовність проходження через замикаючий створ порцій води, яка створюється в одиницю часу на поверхні басейну від випадіння опадів чи сніготанення. Вона є найважливішою характеристикою річного басейну, що відображає морфометричні та гідравлічні особливості стоку.

Короткострокові прогнози гідрографів стоку базуються на розрахунках так званого інтегралу Дюамеля

$$Q_t = \int_0^t q_{t-\tau} r(\tau) d\tau,$$

де $q_{t-\tau}$ - приплив води у річкову мережу за час $t - \tau$; τ - час добігання; $r(\tau)$ - функція впливу чи трансформаційна функція.

При вивченні **восьмого розділу** програми “Довгострокові прогнози елементів весняного водопілля для рівнинних річок” слід пам’ятати, що основою довгострокових прогнозів об’ємів стоку весняного водопілля є рівняння водного балансу, рішенням якого є побудова залежностей стоку від факторів, які його обумовлюють. Основним аргументом прогностичних залежностей є максимальні снігозапаси та опади під час водопілля. Набір

інших чинників змінюється при переході от однієї географічної зони до іншої згідно з особливостями формування та розвитку процесу весняного водопілля.

При вивченні *дев'ятого розділу* програми “**Короткострокові прогнози елементів весняної повені для рівнинних річок**” треба вміти розраховувати інтенсивність сніготанення за рівнянням теплового балансу снігового покриву, а також в залежності від коефіцієнту танення. Необхідно засвоїти методи розрахунків водовіддачі снігового покриву. Потрібно розуміти, що за дату початку водовіддачі приймається дата, коли сумарний шар танення снігу перевищує його водоутримуючу ємність. Знати методи розрахунку втрат танених вод при інфільтрації у мерзлий ґрунт та заповненні безстокових понижень.

При вивченні *десятого розділу* програми “**Прогнози весняно-літньої повені гірських річок**” треба добре засвоїти особливості формування весняної повені на гірських річках: наявність вертикальної зональності у розподілі опадів та температур повітря; наявність динаміки розподілу площ одночасного сніготанення; наявність значних уклонів, контактного типу схилового стоку, що значно зменшує втрати поталого стоку.

При недостатності даних вимірів температур повітря та опадів на різних висотних зонах розрахунки цих величин ведуть через градієнти, які показують зміну величини на 100 м висоти. Для характеристики снігозапасів в горном водозборі використовують модульні коефіцієнти, що розраховуються по даним метеостанцій про температури повітря та тверді опади. У зв'язку з неодночасністю сніготанення в горах водопілля має розтягнутий вигляд, тому прогнози стоку у горах випускаються для вегетаційного періоду в цілому та по місяцях вегетаційного періоду.

У *одинадцятomu розділі* “**Короткострокові прогнози замерзання річок, озер та водосховищ, товщина льодяного покриву**” розглядаються фізичні та теоретичні основи прогностичних методик. Теоретичною основою прогностичних методик є рівняння теплового балансу водної поверхні. Але визначення складових теплового балансу потребує багато даних спостережень за метеорологічними характеристиками, тому запобігають до фізико-статистичних методів, у яких використовуються непрямі показники умов формування льодових явищ. Важливим є питання прогнозу наростання товщини крижаного покриву.

Дванадцятий розділ “**Короткострокові прогнози розкриття річок, озер та водосховищ**”. В даному розділі слід звернути увагу на різниці умов розкриття на річках, озерах та водосховищах, виділяючи при цьому теплові та механічні фактори і їх природу. Слід розуміти, що початок танення льоду визначається датою сходу снігу зі льоду. Методи прогнозів пов'язані з розрахунком елементів рівняння теплового балансу або побудови фізико статистичних залежностей.

Тринадцятий розділ присвячений темі “Довгострокові прогнози замерзання та скресання річок, озер та водойм”. При його вивченні слід звернути увагу на те, що розробка методів довгострокових прогнозів замерзання та розкриття річок тісно пов’язана з вивченням закономірностей атмосферної циркуляції та теплообміну між підстильною поверхнею та атмосферою на великих просторах. При замерзанні річок головну роль відіграють атмосферні процеси, під час розкриття – підсилюється внесок теплообміну – товщина льоду, висота снігового покриву можуть суттєво впливати на цей фізичний процес. Прогнозується не сама дата встановлення льодоставу чи скресання, а її відхилення від середніх строків ΔT . При цьому визначається напрям розвитку характеру атмосферних процесів, а отже і строки можливого похолодання, чи потепління.

2.7 Теми курсових проектів з гідропрогнозів

№	Назва теми	Література
1.	Розробка методики короткострокових прогнозів щоденних рівнів води за методом відповідних рівнів (витрат) води на ділянці річки. Коротка фізико-географічна характеристика басейну річки, де вибрана ділянка. Теоретична основа методу прогнозу рівнів води за методом відповідних рівнів (витрат води). Збір та аналіз вихідних даних за рівнями (витратами) води у верхніх і нижньому створах. Визначення часу руслового добігання і вибір відповідних рівнів води. Побудова графіка відповідних рівнів води та його оцінка за критерієм якості методики. Схема випуску прогнозу.	[1] – с.49-65 [2] – с.18-20,33-43 [6] – с. 7-20
2.	Розробка методики прогнозу середніх витрат води за період літньо-осінньої межени за даними руслових запасів води на ділянці річки. Коротка фізико-географічна характеристика басейну річки на ділянці, яка обрана відповідно прийнятої завчасності прогнозу на основі карти-схеми ізохрон і часу руслового добігання. Теоретична основа і приклади складання методик прогнозу стоку за літньо-осінній період. Методи визначення запасів води в русловій	[1] – с. 87-101, 144-165 [2] – с. 59-88, 144-159 [6] – с. 177-194

	мережі. Методи визначення стокоформуючих опадів. Збір та аналіз вихідних даних за витратами води і опадами за багаторічний період. Визначення руслових запасів води в річковій мережі (складання формули і розрахунок руслових запасів води на дату випуску прогнозу). Побудова прогностичних залежностей та їх оцінка. Схема випуску прогнозу.	
3.	Розробка методики довгострокового прогнозу шару стоку і максимальних витрат води весняного водопілля. Фізико-географічні особливості формування весняного водопілля на річці. Рівняння водного балансу як теоретична основа методу прогнозу шару весняного водопілля та його рішення для прогнозу весняного стоку. Сучасні методи довгострокового прогнозу максимальних витрат води весняного водопілля. Збір і аналіз вихідних даних за шарами і максимальними витратами води водопілля, максимальними запасами води у сніговому покриві, опадами, вологістю та промерзанням ґрунту за багаторічний період. Побудова залежностей для прогнозу шару весняного стоку та їх оцінка. Визначення витрат води за формулою Є.Г.Попова. Прогноз максимальних витрат води на основі сукупності факторів водопілля (за рівнянням дискримінантної функції). Оцінка прогнозу.	[1] – с. 172-246 [2] – с. 159-185 [5] – с. 9-27, 46-61, 88-107, 108-135, 164-1179
4.	Розробка методики короткострокових прогнозів появи пливучого льоду та встановлення льодоставу на ділянці річки за фізико-статистичними залежностями. Коротка фізико-географічна характеристика умов створення льодового покриву на ділянці річки. Методи розрахунку та прогнозу льодоутворення на річках. Збір та аналіз вихідних даних щодо температури повітря, температури води, початку льодових утворень та рівнів води на ділянці річки. Побудова залежностей для визначення критичної температури повітря,	[1] – с. 340-360 [2] – с. 271-303 [7] – с. 6-48

	при якій відзначається встановлення льодоставу. Прогноз дат появи плавучого льоду та встановлення льодоставу. Оцінка прогнозу дат. Схема складання прогнозу.	
--	--	--

Перелік літератури до курсових проектів

1. Апполов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов: Учебник. - Л.: Гидрометеиздат, 1974. - 440 с.
2. Бефани Н.Ф., Калинин Г.П. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам: Учебное пособие. - Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 390 с.
3. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.5. Белоруссия и верхнее Поднепровье. Ч.1. Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 718 с.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т.6. Украина и Молдавия. Вып 1, вып.2, вып.3, вып.4. Л.: Гидрометеиздат, 1967.
5. Руководство по гидрологическим прогнозам. Долгосрочные прогнозы элементов водного режима рек и водохранилищ. – Л.: Гидрометеиздат. – Вып. 1. – 1989. – 357 с.
6. Руководство по гидрологическим прогнозам. Краткосрочный прогноз расхода и уровня воды на реках. – Л.: Гидрометеиздат. – Вып. 2. – 1989. – 246 с.
7. Руководство по гидрологическим прогнозам. Прогноз ледовых явлений на реках и водохранилищах – Л.: Гидрометеиздат. – Вып. 3. – 1989. – 168 с.
8. Справочник по климату СССР, вып.7, часть II (1965), IV (1968). – Л.: Гидрометеиздат. – 246 с.

Вимоги до оформлення курсового проекту

Курсовий проект оформлюють відповідно до вимог ДСТУ 3008-95 “Документація. Звіти в сфері науки й техніки. Структура і правила оформлення” і “Методичних вказівок до оформлення курсових та дипломних проектів”.

Курсовий проект повинен містити в основній частині такі розділи:
Вступ

1. Коротка фізико-географічна характеристика басейну річки...
Географічне положення та рельєф.
Ґрунтовий та рослинний покрив.

Кліматична характеристика.

Водний режим річки....

Режим ґрунтових вод.

Вплив антропогенних чинників на стік річок басейну...

2. Теоретичні основи методу прогнозу стоку.

3. Розробка методики прогнозу стоку на річці...

Аналіз вихідних даних.

Побудова прогностичних залежностей і їх аналіз.

Оцінка методики прогнозу.

Схема складання прогнозу.

Висновки

Перелік літературних джерел

Додатки

Курсовий проект містить в собі структурні елементи: титульний аркуш встановленого зразка, зміст із зазначенням сторінок згідно з їх нумерацією за текстом, основна частина.

Курсовий проект оформлюють на аркушах формату А4 (210х297мм), додержуючись таких розмірів полів: верхній, лівий і нижній – не менш ніж 20 мм, правий – не менш ніж 10 мм.

2.8 Завдання і пояснення по виконанню контрольних робіт

До виконання контрольної роботи можна приступити тільки тоді, коли є впевненість в тому, що засвоєний весь навчальний матеріал завдання, коли в процесі його вивчення пророблені усі вправи і задачі та легко надати відповіді на усі питання для самоконтролю.

Контрольні роботи розробляються в декількох варіантах, причому в поясненнях до завдання є вказівки на варіант, який повинен бути прийнято студентом до виконання. Роботи, що виконані не за своїм варіантом, не ураховуються. Контрольні роботи повинні виконуватися студентом обов'язково самостійно.

Для того, щоб досягнути високої якості виконаних контрольних робіт, студент повинен пам'ятати вимоги, які пред'являються до виконання контрольних робіт:

1.Контрольна робота повинна бути виконана повністю, тобто треба вирішити усі задачі та приклади, надати відповіді на усі запитання, що передбачені контрольним завданням.

2.Відповіді на контрольні запитання слід викладати ясно, точно та в повному обсязі. Не можна давати відповіді типу „да” або „ні”, ні слід також переписувати у контрольні роботи текст з підручника або навчального посібника. Якщо необхідно вставляти до тексту цитати, то їх повинно узят

ти в лапки, при цьому обов'язково треба указати із якого літературного джерела наведена цитата (автор книги, назва, рік видання, номер сторінки).

3.Контрольні роботи повинні бути представлені разом з усіма проміжними розрахунками. Потрібно керуватися зразками, які розміщені у п підручнику або методичних вказівках. Рішення задач повинні супроводжуватися короткими та чіткими поясненнями, які показують хід міркувань студента.

4.При рішенні задач необхідно уважно слідити за розмірностями та одиницями вимірювань, які надходять в ту або іншу формулу, та перевіряти, в яких одиницях вимірювань повинен бути одержано результат.

5.Треба указати, яким підручником студент користувався при вивченні дисципліни та при виконанні контрольної роботи.

6.Кожна контрольна робота після її виконання повинна бути захищена студентом в університеті шляхом особистої співбесіди з викладачем або шляхом проведення аудиторних контрольних робіт у початковий період сесії.

Порядок виконання контрольної роботи:

1. Надати відповіді на контрольні запитання (с.17 цих методичних вказівок.)

2. Виконати практичну роботу.

Робота виконується за номером варіанту відповідно останнього номера залікової книжки студента (1 варіант - №1,6, 2 варіант – „2, 7 і т.п.)

Варіанти до контрольних робіт наведені у додатках А, Б.

Контрольна робота, в якій повністю надані відповіді на контрольні запитання і виконані практичні завдання, зараховується без співбесіди із студентом. Контрольна робота, яка виконана із недоліками, зараховується після співбесіди із студентом.

Контрольна робота №1

Побудова кривої руслових запасів води на ділянці річки

Мета роботи: Розрахувати руслові запаси на ділянці річки, побудувати криву руслових запасів води та визначити час добігання води.

Визначення запасів води в річковій системі і побудова кривої об'ємів

Річкова система – це сукупність річок, які зливаються разом та виносять свої води з будь якої території єдиним потоком. Запас води в річковій системі – це об'єм води, який на даний момент часу знаходиться в русловій системі.

Об'єм води в русловій системі W включає до себе об'єм води (за Р.О.Нежиховським, [1])

$$W = W_{кр} + W_{сер} + W_{м}, \quad (1.1)$$

де $W_{кр}, W_{сер}, W_{м}$ - об'єм води у крупній, середній, мілкій та найбільш мілкій русловій мережі.

Однак, на практиці кількість води в річковій мережі на момент часу t визначається як сума об'ємів води на окремих її ділянках [2,3]:

$$W_t = W_{1,t} + W_{2,t} + \dots + W_{n,t}. \quad (1.2)$$

Тут: W_t - запас води в русловій мережі у момент часу t ;

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

n – число ділянок.

Об'єм води на ділянці $W_{i,t}$, який відповідає певному ступеню наповнення русла, може бути визначений по кривих об'ємів (кривих руслових запасів води), побудованих для ділянок річок за даними гідрометричних вимірів або при використанні морфометричних даних [4].

Вибір способу розрахунку визначається вихідними даними. Основні складності визначення запасів води в річковій мережі виникають через відсутність гідрометричних даних про режим малих та середніх річок. Це пов'язано з численністю малих річок.

Так, наприклад, кількість малих річок у басейні р. Дніпро до м. Лоєва перевищує 7 тисяч. Природно, що на переважній більшості річок немає річкових станцій, отже, відсутня інформація, необхідна для визначення запасів води в системі.

Побудова кривої об'ємів за рівнянням водного балансу. Рівняння водного балансу води для ділянки річки має вигляд:

$$\Delta W = [Q_n - (Q_v + Q_{np})] \Delta t, \quad (1.3)$$

де ΔW - зміна руслових запасів води на ділянці за інтервал часу Δt ;
 Q_n, Q_v, Q_{np} - відповідно витрати води у нижньому, верхньому створах та боковий приплив на ділянці річки.

Підсумовуючи ΔW за ряд послідовних інтервалів часу Δt , дістаємо об'єм руслових запасів води W понад початковий об'єм. Підсумовування ΔW ведеться в зворотному напрямку в сторону ранніх дат. За даними розрахунків будується графік залежності (крива руслових запасів)

$$W = f(Q_{сер}), \quad (1.4)$$

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 [1]. На безприпливній ділянці за наявності на її кінцях гідрометричних створів середня витрата визначається так:

$$Q_{сер} = \frac{Q_v + Q_n}{2}; \quad (1.5)$$

за наявності тільки одного створу:

$$Q_{сер} = kQ_n, \quad (1.6)$$

де k – часто дорівнює 0.5.

У деяких випадках середня витрата води може визначатись як середньозважена:

$$Q_{сер} = kQ_v + (1 - k)Q_n. \quad (1.7)$$

Коефіцієнт зважування k для ділянок з різною припливністю визначається з урахуванням довжини L_i та площі F_i верхніх під ділянок до довжини та площі всієї ділянки, відповідно.

В практичних розрахунках середня витрата води на припливній ділянці визначається як

$$Q_{сер} = \frac{Q_v + Q_n + Q_{np}}{2}. \quad (1.8)$$

Для побудови узагальненої кривої руслових запасів для ділянки річки відбирається декілька паводків з інтенсивними підйомами та спадами

при різних максимальних витратах води. Для кожного паводка за рівнянням водного балансу (1.3) підраховують зміну руслових запасів ΔW .

Криві об'ємів для кожного паводка зводять до єдиної узагальненої кривої. Для отримання типової кривої по серії кривих об'ємів суміщають графічно криві на один графік. Фіксується деяке значення витрати води і всі криві переміщують відносно цієї витрати по вертикалі. За пучком кривих проводять середню лінію. Шляхом зміщення вісі W і $Q_{сер}=0$ криву об'ємів призводять до однієї передпаводкової витрати води. Ця крива називається **типовою кривою об'ємів води**.

Побудова кривої об'ємів по середньозваженій витраті води виконується за приблизною залежністю

$$W = \bar{\tau} \cdot Q_{сер}, \quad (1.9)$$

де τ - середній час руслового добігання на розглядуваній ділянці русла;

$Q_{сер}$ - середня витрата води на ділянці.

Якщо ділянка обмежена одним створом, то об'єм води визначається за виразом

$$W_t = \frac{Q_{н,t}}{2} \bar{\tau}. \quad (1.10)$$

На припливній ділянці

$$W_t = \frac{Q_n + \sum_{1}^m Q_{np}}{2} \bar{\tau}. \quad (1.11)$$

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

$$\tau = \sum_{1}^m \tau_i / m, \quad (1.12)$$

або як середнє зважене;

m – число верхніх (вихідних) створів.

Побудова кривої об'ємів за витратами води в замикаючому створі під час спаду водопілля (паводка), коли немає значного припливу з поверхні басейну та йде вичерпання руслових запасів води. Для цих випадків справедливе співвідношення:

$$(W_t - W_{\Gamma}) / 86400 = \sum_t^{t_{cn}} (Q_t - Q_{\Gamma}), \quad (1.13)$$

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

t_{cn} - тривалість спаду, доба;

Q_t - середня витрата води у t -у добу;

Q_Γ - середньодобова витрата води ґрунтового живлення за час $(t_{cn} - t)$;

W_Γ - об'єм води в руслі за рахунок ґрунтового живлення:

$$W_\Gamma = Q_\Gamma (t_{cn} - t). \quad (1.14)$$

Побудова кривої об'ємів за морфометричними даними. Як що по довжині ділянки є дані про поперечні профілі русла та пойми, то об'єм води на ділянці можна обчислити як

$$W_i = \frac{\omega_n + \omega_v}{2} L = \bar{\omega} L, \quad (1.15)$$

де ω_n, ω_v - площі живого перерізу відповідно у нижньому та верхньому створах;

L – довжина ділянки.

Площа живого 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 [3, стор.62-66, впр.3.1-3.3.].

Порядок виконання контрольної роботи №1

Вихідні дані: витрати води р. Десна біля м. Разьоти та м. Чернігів, р.Сейм біля с. Мутіно (за даними гідрологічних щорічників, т.2, вип.4-5).

Завдання: побудувати криву руслових запасів води для р. Десна на ділянці м. Разьоти – м. Чернігів. Визначити час добігання, побудувати криву часу руслового добігання на ділянці р. Десна.

Розв'язок: 1) На ділянці р. Десна від м. Разьоти до м. Чернігів впадає притока р. Сейм та р. Снов. Стік р. Снов складає лише 5% від загального стоку р. Десна та р. Сейм. Руслові запаси води визначаємо за методом водного балансу за рівнянням:

$$\Delta W = [Q_{\text{ч}} - (Q_P + Q_M)] \Delta t, \quad (1.16)$$

де $Q_{\text{ч}}$, Q_P , Q_M - витрати води біля м.Чернігова, м. Разльоти, с. Му-тіно, відповідно.

2) В роки з найбільш інтенсивним спадом весняного водопілля формування стоку визначається взагалі вичерпуванням руслових запасів води.

Необхідні для побудови кривої руслових запасів розрахунки надані у табл. 1.1 (приклад для 1971 р.). Приймаючи $\Delta t=1$ добу, визначаємо зміну руслових запасів за добу ΔW (графа 6, табл.1.1) та об'єм води на ділянці, розрахований як сума ΔW від кінця спаду до піку водопілля - $\Sigma(\Delta W / 86400)$ (графа 7). У графі 8 обчислюємо середню витрату води на ділянці

$$Q_{\text{сер}} = 0.5(Q_{\text{ч}} + Q_P + Q_M). \quad (1.17)$$

3) За даними табл.1.1 (графи 7 і 8) будуємо криву $W = f(Q_{\text{сер}})$, показану на рис.1.1.

4) Час руслового добігання за рівнянням (1.9) визначається як $\tau = \Delta W / \Delta Q$, тобто є тангенсом кута нахилу дотичної до кривої $W = f(Q_{\text{сер}})$ для даного Q . Тому розбиваємо криву $W = f(Q_{\text{сер}})$ на відрізки, близькі до прямих (рис.1.1) та у кожному інтервалі Q визначаємо τ як відношення $\Delta W / \Delta Q$ (табл. 1.2). Обчислюємо середні витрати по відрізках ($\bar{Q}$) та будуємо криву $\tau = f(\bar{Q})$ (рис.1.2).

Таблиця 1.2 – Визначення часу добігання на р. Десна на ділянці с. Разльоти - м. Чернігів

№	Інтервал Q , м ³ /с	ΔQ , м ³ /с	$\Delta W / 86400$, м ³	$\tau = \Delta W / 86400 \Delta Q$, діб	$\bar{Q}$, м ³ /с
1	50-700	650	13000	20.0	375
2	701-880	180	2500	14.0	790
3	881-1100	220	2000	9.1	990
4	1101-1300	200	1200	6.0	1200
5	1301-1500	200	800	4.0	1400

Таблиця 1.1 – Розрахунок запасів води в руслі р. Десна на ділянці с. Разьоти – м. Чернігів

Рік	Дата	Витрата води, Q , м ³ /с			Русловий запас, м ³		Середня витрата води на ділянці, $\bar{Q}$, м ³ /с
		р.Десна-м.Чернігів (н)	р.Десна-с.Разьоти (в)	р.Сейм-с.Мутіно (б)	$\Delta W/86400$	$\Sigma(\Delta W/86400)$	
1	2	3	4	5	6	7	8
1971	16.04	1720	713	538	469	17827.6	1485.5
	17.04	1710	699	526	485	17358.6	1467.5
	18.04	1680	675	478	527	16873.6	1416.5
	19.04	1590	662	454	474	16346.6	1353.0
	20.04	1530	640	430	460	15872.6	1300.0
	21.04	1460	625	414	421	15412.6	1249.5
	22.04	1420	604	398	418	14991.6	1211.0
	23.04	1380	591	365	426	14573.6	1168.5
	24.04	1340	567	350	423	14150.6	1128.5
	25.04	1320	546	334	440	13727.6	1100.0
	26.04	1280	532	316	430	13287.6	1065.0
	27.04	1250	510	293	447	12857.6	1026.5
	28.04	1230	499	279	452	12410.6	1004.0
	...	...	...	...	...	...	...
	5.06	291	152	49.6	89.4	544.2	246.3
	6.06	284	149	49.6	85.4	454.8	241.3
	7.06	274	146	49.6	78.4	369.4	234.6
	8.06	269	145	49.2	74.8	291.0	231.6
	9.06	263	142	48.4	72.6	216.2	226.7
	10.06	257	138	47.6	71.4	143.6	221.3
	11.06	252	133	46.8	72.2	72.2	215.9

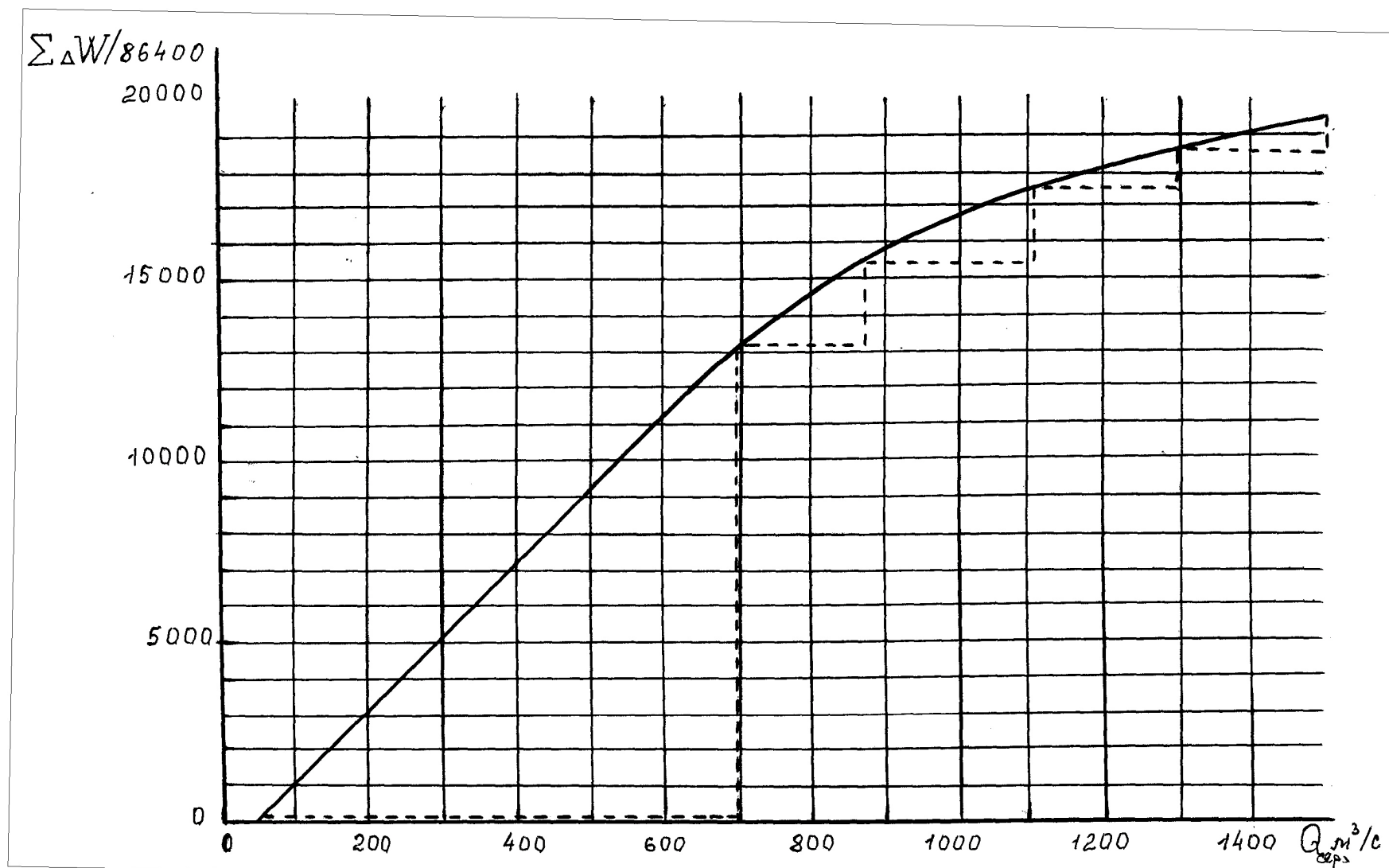


Рис.1.1 – Розрахункова крива запасів води в руслі р.Десна на ділянці с. Разльоти – м. Чернігів

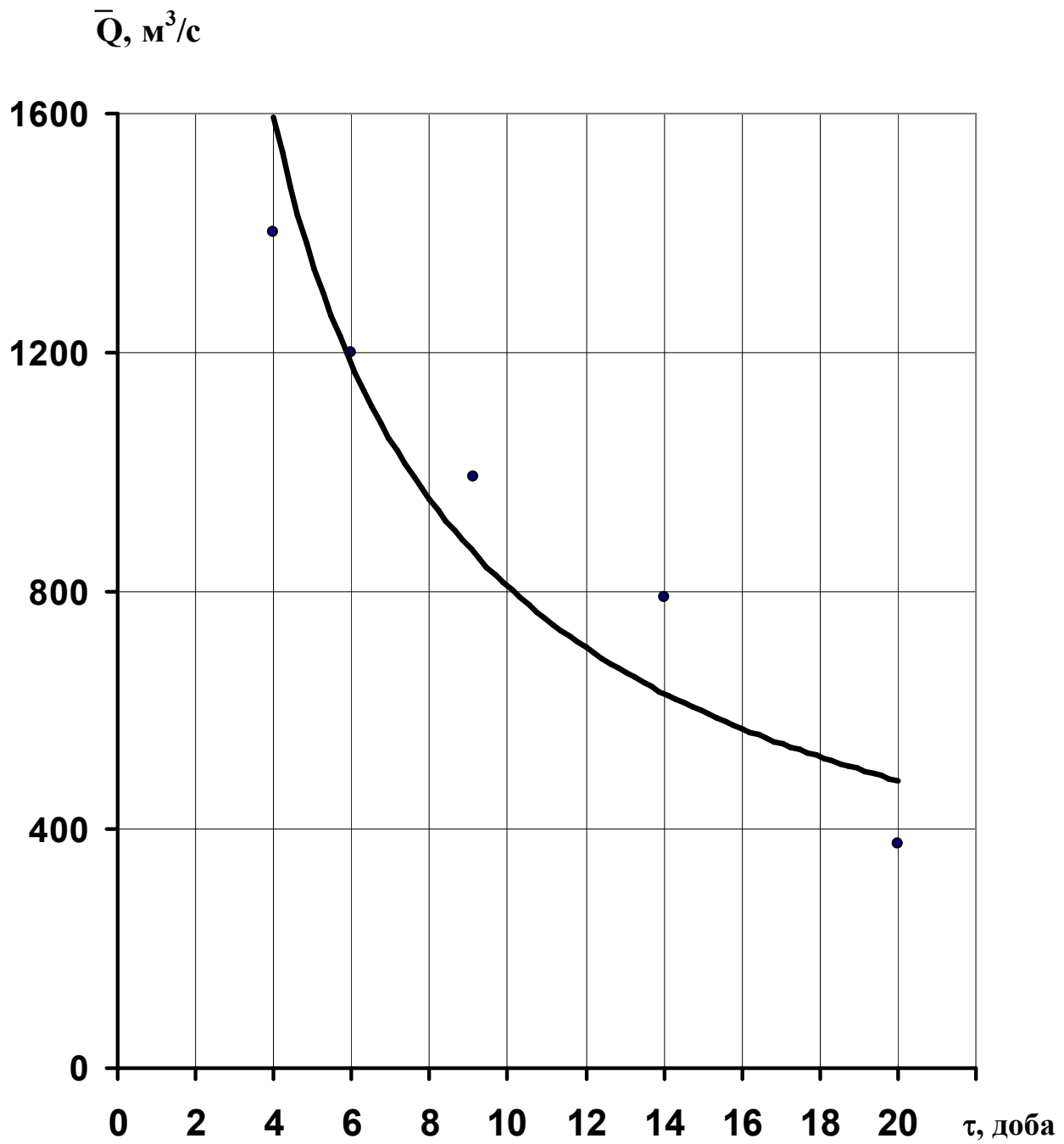


Рис.1.2 – Крива часу руслового добігання води на р.Десна на ділянці с.Разльоти – м. Чернігів

Перелік літератури до контрольної роботи №1

1. Нежиховський Р.А. Русловая сеть бассейна и процесс формирования стока воды. – Л.: Гидрометеиздат. – 1971. – 476 с.
2. Апполов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов: Учебник. - Л.: Гидрометеиздат, 1974. - 440 с.
3. Бефани Н.Ф., Калинин Г.П. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам: Учебное пособие. - Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 390 с.
4. Руководство по гидрологическим прогнозам. Краткосрочный прогноз расходов и уровней воды на реках. – Л.: Гидрометеиздат. – Вып. 2. – 1989. – 246 с.

Контрольна робота №2

Розробка методики довгострокових прогнозів шарів стоку за період весняного водопілля на рівнинних річках

Мета роботи: Розробити методику довгострокового прогнозу шарів стоку весняного водопілля та виконати її оцінку.

Теоретичне обґрунтування методу прогнозу об'єму весняного водопілля

Прогнози шару стоку весняного водопілля на річках ґрунтуються на рівнянні водного балансу [1, стор.177]

$$Y_m - Y_{gp} = Y_T + Y_D = S_m + X_1 + X_2 - E_{gp} - E_c \pm \Delta W_{gp} \pm \Delta W_{ндз}, \quad (2.1)$$

де Y_m – загальний стік водопілля;

Y_{gp} – ґрунтовий (або базисний) стік;

Y_T – стік від талих вод;

Y_D – стік від дощів з ділянок басейну, які вільні від снігу;

S_m – максимальні запаси води в сніговому покриві перед початком весняного сніготанення;

X_1 – опади на поверхню снігу за час його танення;

X_2 – опади на поверхню без снігу;

E_{gp} і E_c – випаровування з ґрунту і снігу;

ΔW_{gp} – зміна запасів вологи в ґрунті;

$\Delta W_{ндз}$ – зміна запасів ґрунтових вод.

Вклад складових рівняння водного балансу до загального весняного стоку різний у різних фізико-географічних умовах і в різні роки. Так, у лісостеповій зоні (недостатнього зволоження), де основу частку утрат талих і дощових вод складає інфільтрація, рівняння (2.1) можна переписати у вигляді:

$$Y_T + Y_D = S_m + X_1 + X_2 - E_c - I, \quad (2.2)$$

де I – інфільтрація талих і дощових вод, яка дорівнює $E_{zp} \pm \Delta W_{zp} \pm \Delta W_{nidz}$.

Варіація втрат весняного стоку у цьому регіоні визначається ступенем водопроникності промерзлих ґрунтів.

У зв'язку з особливостями формування весняного стоку в зонах з плоским рівнинним рельєфом (степова, полупустельна, південна частина лісостепової географічних зон) необхідно урахувати втрати води на заповнення безстічних ємностей на поверхні водозборів. Тоді

$$Y_T = S_m + X_1 - E_c - I - U, \quad (2.3)$$

де U – поверхневе утримання талої і дощової води.

Основні фактори весняного стоку в цих районах є максимальні запаси води у сніговому покриві, опади періоду танення снігу, інтенсивність сніготанення, інфільтрація води у ґрунт, яка визначається його вологістю і промерзанням. Опади після сходу снігу у цих регіонах суттєво не впливають на загальний стік весняного водопілля.

У лісовій зоні втрати талих вод залежать в основному від дефіциту вологи у ґрунті на початок весняного сніготанення та утримання води у безстічних пониженнях і в приповерхневій лісовій підстилці. Вплив промерзання ґрунту проявляється лише при незначних його значеннях, тобто в роки з м'якою зимою. На річках західних районів лісової зони особливості формування водопілля пов'язані з зимовими відлигами, які приводять до додаткового зволоження ґрунтів, перерозподілу снігу у полі і лісі, утворенню льодяної кірки.

У зв'язку з труднощами визначення складових втрат в рівняннях водного балансу (2.1)-(2.3) - ΔW , I , U , на практиці встановлюють залежності стоку від головних факторів. Визначив втрати і стік через запаси води в сніговому покриві в весняні опади, Є.Г.Попов [2] запропонував рівняння:

$$Y_m = X - P_0 [1 - \exp(-X/P_0)]; \quad (2.4)$$

$$Y_m = X - P_0 \operatorname{th}(-X/P_0); \quad (2.5)$$

$$Y_m = X \exp(-P_0/X), \quad (2.6)$$

де X – сумарна величина запасів води на басейні (снігозапаси плюс весняні опади, тобто $X = S_m + X_1 + X_2$);

P_0 – параметр втрат води – максимально можливий шар втрат на інфільтрацію, поверхнєве утримання та випаровування.

Розрахунок весняного стоку можливо вести на підставі передобчислення втрат води для двох типів водопоглинання: ємнісного і інфільтраційно-ємнісного.

Під ємнісною моделлю або типом водопоглинання розуміють таку, коли при будь-якої інтенсивності надходження талої води її стік починається тільки після заповнення поверхневих ємностей при повністю водонепроникненому ґрунті (басейни річок зони надлишкового зволоження). В цьому випадку інтегральне рівняння стоку має вигляд:

$$Y_m = X - U_3 [1 - \exp(-X/U_3)], \quad (2.7)$$

де U_3 – максимальна свободна ємність у басейні як функція показника попереднього зволоження ґрунту (W).

Під інфільтраційно-ємнісною моделлю або типом водопоглинання розуміють таку, коли поверхневий стік формується за рахунок перевищення інтенсивності надходження води над інтенсивністю її просмоктування. При цьому для заповнення поверхневої ємності потрібен тим більший шар сумарної подачі води, чим більша сумарна інфільтрація. В такому випадку рівняння для розрахунку шару стоку водопілля записується у вигляді:

$$Y_m = X - I - U_0 \left[1 - \exp\left(-\frac{X - I}{U_0}\right) \right], \quad (2.8)$$

де I – інфільтрація;

U_0 – поверхнева ємність при повному заповненні водою усіх безстічних заглиблень на поверхні водозбору.

Інфільтраційно-ємнісний тип водопоглинання характерне для зон недостатньої і нестійкої вологості. Втрати води на інфільтрацію визначаються на практиці в залежності від вологості ґрунту (W) і глибини її промерзання (L).

Практичні прийоми розробки методик довгострокових прогнозів шарів стоку весняного водопілля

На підставі побудови водно-балансових залежностей.

Розробка методики прогнозу елементів водопілля повинна будувалась на підставі всебічного вивчення умов весняного стоку та закономірностей його формування у даному районі. Основним методом прогнозу стоку за водопілля сьогодні є використання рівняння водного балансу. У практиці рішення рівняння балансу відносно стоку відбувається за графічним методом, шляхом побудови водно-балансових залежностей [2]. Цей спосіб дає змогу окремі компоненти рівняння, зокрема, втрату, оцінювати за допомогою їх опосереднених характеристик. Серед опосереднених характеристик втрат задані: вологість ґрунту з осені та глибина промерзання ґрунту.

Визначення втрат в період водопілля включає розрахунок втрат в період сніготанення та в ґрунт, який вивільнився від снігу. Але роздільне обчислення цих втрат утруднено. Приблизно втрати в ґрунт, який вивільнився від снігу, можуть бути опосереднено визначені при розрахунках загального запасу води на басейні шляхом введення коефіцієнта (k) до опадів, які випали від кінця сніготанення до кінця водопілля. Об'єм стоку за водопілля (Y_m) можна виразити як функцію:

а) при $L < 60$ см

$$Y_m = f(S_m + X_1 + kX_2, W, L); \quad (2.9)$$

б) при $L \geq 60$ см

$$Y_m = f(S_m + X_1 + kX_2, W), \quad (2.10)$$

де S_m – максимальний запас води в сніговому покриві перед початком сніготанення;

X_1 – опади на поверхню снігу за час танення;

X_2 – опади на поверхню басейну, який вивільнився від снігу;

k – коефіцієнт ваги, який показує долю опадів X_2 , які приймають участь в узагальному об'ємі Y_m (k приймається рівним 0.3-0.4 [1]);

$S + X_1 + kX_2$ – загальні запаси води на басейні;

L – середня глибина промерзання ґрунту;

W – характеристика вологості ґрунту.

При визначенні параметру загальних втрат P_0 .

Розробка методики довгострокового прогнозу шару стоку весняного водопілля ведеться за рівняннями (2.4) - (2.6).

За даними багаторічних спостережень за вологістю і промерзанням ґрунту будуються залежності $P_0 = f(W, L)$ або $P_0 = f(W)$. Вихідні дані про параметр P_0 можна одержати шляхом оберненого розрахунку з (2.4) або (2.6), коли відомий шар стоку Y_m та загальні запаси води на водозборі X або за допомогою номограм для цих формул (наприклад, рис.2.1).

Для річок степової і лісостепової зон В.Д. Комаров [2, стор.175] одержав залежність вигляду

$$P_0 = A \exp[-\omega(a + bL)], \quad (2.11)$$

де L – середня для басейну глибина промерзання ґрунту;
 ω – відносна (безрозмірна) характеристика запасу продуктивної воло-
 ги у метровому шарі ґрунту, яка має вигляд

$$\omega = W/0.75 HB, \quad (2.12)$$

W – кількість продуктивної вологи;
 HB – найменша вологоємність ґрунту;
 A, a, b – параметри.

При визначенні втрат води на інфільтрацію поталих вод.

Спосіб визначення воднобалансових залежностей для басейнів, для яких властивий інфільтраційно-ємнісний тип водопоглинання, засновано на теоретичному рівнянні (2.8) і потребує відшукування емпіричних залежностей $I / X = f(W)$ [1, стор.227; 3, стор.131]. Для знаходження таких залежностей, необхідно мати щорічні значення сумарної інфільтрації води у ґрунт. Але прямих вимірювань інфільтрації нема, то визначити величини I в кожному році можна приблизно з умов водного балансу, тобто шляхом виключення з загальних втрат шару ту їх частину, яка обумовлена поверхневим утриманням і випаровуванням з снігу.

Таким чином, задача розробки методики прогнозу шару стоку за водопілля (Y) зводиться або до графічного побудування функції (2.9) і (2.10), або встановленню залежності втрат стоку від факторів, які їх визначають.

Оцінка методики довгострокового прогнозу шарів стоку весняного водопілля

Відповідно до „Наставлення по службе прогнозов” [4, стор.37] практична здатність методики прогнозу вирішується при встановленні ступеня її точності й ефективності.

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

Виходячи з припущення про те, що похибка будь-якого прогнозу випадкова, а розподіл похибки підпорядковується нормальному закону, за допустимої похибки приймається ймовірніше відхилення значень прогнозованого елементу (наприклад, шару стоку) від середнього у вигляді:

$$\delta_{don} = \pm 0.674\sigma. \quad (2.13)$$

Середнє квадратичне відхилення σ прогнозованого елементу від норми обчислюється за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_0)^2}{n-1}}, \quad (2.14)$$

де Y_i - значення прогнозованого елементу;

Y_0 - його норма;

n – число членів ряду.

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

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y'_i)^2}{n}}, \quad (2.15)$$

Тут: Y_i і Y'_i - спостережене і передбачене значення елементу весняного водопілля, відповідно.

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 допустимої похибки перевірених прогнозів не менше, ніж на 10 % перевищує забезпеченість ймовірного відхилення прогнозованої величини від його норми [4, стор.53].

Якщо число членів ряду, використаного при побудові прогнозової залежності не менше 25, то методика приймається при $(S/\sigma) \leq 0.80$. Забезпеченість допустимої похибки ($P\%$) при цьому повинна складати величину порядку 60-80 %.

Приклад розробки методики довгострокового прогнозу шарів стоку весняного водопілля

Вихідні дані за багаторічний період:

- шари стоку (Y_m) і максимальні витрати води (Q_m) за період весняно-

го водопілля р. Південний Буг – с. Підгір'я;

- середні для водозбору запаси води у сніговому покриві (S_m) перед початком сніготанення;

- середні по басейну опади за період сніготанення (X_1) і під час спаду водопілля (X_2);

- характеристика зволоження ґрунтів – середній модуль річкового стоку осінньо-зимового періоду ($\bar{q}_{09-01}$);

- середня на басейні максимальна глибина промерзання ґрунту наприкінці зими (L).

Вихідні дані наведені у табл.2.1.

Порядок розрахунків:

1. Розробка методики довгострокового прогнозу шару стоку весняного водопілля здійснюється на основі рішення рівняння водного балансу (2.2) при побудові графічних залежностей у вигляді (2.9) і (2.10).

а) Розрахунок сумарної кількості води, яка бере участь у формуванні весняного водопілля ведеться за виразом:

$$X = S_m + X_1 + kX_2, \quad (2.16)$$

де k дорівнює 0.3 (табл.2.1);

б) за даними табл.2.1 будують залежності шару стоку від факторів, які його визначають (наприклад, рис.2.2);

в) визначаємо величину допустимої похибки прогнозу шарів стоку весняного водопілля за (2.13), де $\sigma=16.5$ мм, а $\delta_{дон}=11.2$ мм;

г) складаємо перевірні прогнози шарів весняного стоку на р. Південний Буг – с. Підгір'я (табл.2.2);

д) здійснюємо оцінку зв'язків за критерієм S / σ і забезпеченості допустимої похибки $P\%$. При $S=3.86$ мм значення критерію $S / \sigma=0.23$. Методика прогнозу оцінюється як „добра” при $P=100 \%$.

2. Прогноз шарів стоку весняного водопілля на р.Південний Буг – с.Підгір'я виконуємо за рівнянням (2.4), при визначенні втрат талої і дощової води через параметр P_0 :

$$Y_m = X - P_0(1 - e^{\frac{-X}{P_0}}),$$

де P_0 – параметр втрат стоку в басейні є функцією вологості басейну (W) і глибини промерзання ґрунту (L) при $L < 60$ см або тільки W .

а) параметр P_0 визначаємо шляхом оберненого розрахунку за даними про шари стоку Y_m та запаси вологи на басейні ($S_m + X_1 + 0.3X_2$) за номограмою формули (2.4), наведені на рис.2.1 (табл.2.1).

б) будуємо залежність параметру P_0 від індексу зволоженості і промерзання ґрунту $P_0 = f(\bar{q}_{09-01}, L)$ (рис.2.3);

в) по прогнозних значеннях P'_0 на підставі рівняння (2.4) або номограми (рис.2.1) випускаємо перевірні прогнози шарів стоку весняного водопілля (табл.2.2);

г) оцінку методики прогнозу виконуємо за критерієм S / σ , який дорівнює 0.48, а забезпеченість припустимої похибки $P=90$ %. Тобто методика є „доброю”.

Перелік літератури до контрольної роботи №2

1.Апполов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов: Учебник. - Л.: Гидрометеиздат, 1974. - 440 с.

2.Бефани Н.Ф., Калинин Г.П. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам: Учебное пособие. - Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 390 с.

3.Руководство по гидрологическим прогнозам. Долгосрочные прогнозы элементов водного режима рек и водохранилищ. – Л.: Гидрометеиздат. – Вып. 1. – 1989. – 358 с.

4.Наставление по службе прогнозов, разд.3, ч.1. – Л.: Гидрометеиздат. – 1962. – 194 с.

Таблиця 2. 1- Вихідні дані для розробки методики довгострокового прогнозу елементів весняного водопілля на р. Південний Буг – с. Підгір'я

Рік	Y_m , мм	Q_m , м ³ /с	S_m , мм	X_1 , мм	X_2 , мм	$X=S_m+X_1+0.3X_2$, мм	$\bar{q}_{09-01}$, л/с·км ²	L , см	P_0 , см
1966	39.0	399	88	41.2	116	164	2.76	41	220
67	46.0	898	82	24.6	39.6	118	2.45	67	110
68	25.0	637	72	36.2	17.2	113	1.35	65	230
69	62.0	1140	84	40.7	57.8	142	2.42	74	118
1970	52.0	618	41	66.2	86.8	133	2.00	63	130
71	17.0	432	38	22.6	7.60	62.9	2.86	51	120
72	17.0	160	37	14.9	18.2	57.4	3.08	74	80
73	27.0	788	75	20.7	9.10	98.4	2.24	84	147
74	9.7	194	37	15.6	5.30	54.2	2.55	35	160
75	5.0	64.0	12	8.40	20.3	26.5	3.72	28	80
76	26.0	286	55	40.9	31.7	105	1.55	73	160
77	29.0	471	22	66.7	19.0	94.4	2.25	69	139
78	28.0	699	77	8.50	46.3	99.4	1.70	84	150
79	27.0	366	35	58.1	95.6	122	1.70	72	208
1980	50.0	986	87	30.1	52.4	133	2.44	76	120
81	24.0	336	42	79.1	7.80	123	3.74	25	210
82	17.0	183	23	6.90	52.1	45.5	4.10	82	50
83	12.0	135	16	16.8	116	67.7	2.82	38	180
84	20.0	145	91	39.1	32.2	140	2.34	46	240
85	24.0	342	101	47.5	64.0	168	2.52	45	245
86	19.0	208	51	7.80	13.4	62.8	2.88	48	90

Таблиця 2. 2 – Перевірні прогнози шарів стоку весняного водопілля на р. Південний Буг – с. Підгір'я

Рік	Y_m , мм	X , мм	$\bar{q}_{09-01}$, л/с·км ²	Y'_m , мм	$Y_m - Y'_m$, мм	$(Y_m - Y'_m)^2$, мм	P'_0 , мм	Y'_m , мм	$Y_m - Y'_m$, мм	$(Y_m - Y'_m)^2$, мм
1966	39.0	164	2.76	33.0	6.00	36.0	160	55	-16	256
67	46.0	118	2.45	46.0	0	0	110	47	-1	1
68	25.0	113	1.35	22.5	2.50	6.25	240	20	5	25
69	62.0	142	2.42	61.0	1.00	1.00	120	60	2	4
1970	52.0	133	2.00	45.0	7.00	49.0	156	45	7	49
71	17.0	62.9	2.86	12.3	4.70	22.1	120	15	2	4
72	17.0	57.4	3.08	22.5	5.50	30.3	75.0	18	-1	1
73	27.0	98.4	2.24	23.0	4.00	16.0	140	28	-1	1
74	9.7	54.2	2.55	6.40	3.30	10.9	260	5	4.7	22.1
75	5.0	26.5	3.72	5.00	0	0	110	3	2	4
76	26.0	105	1.55	23.0	3.00	9.00	240	18	8	64
77	29.0	94.4	2.25	30.0	-1.00	1.00	110	21	-2	4
78	28.0	99.4	1.70	23.5	4.50	20.3	190	22	6	36
79	27.0	122	1.70	31.5	-4.50	20.3	205	30	-3	9
1980	50.0	133	2.44	54.7	-4.70	22.1	122	52	-2	4
81	24.0	123	3.74	28.0	-4.00	16.0	190	32	-8	64
82	17.0	45.5	4.10	16.0	1.00	1.00	40.0	18	-2	4
83	12.0	67.7	2.82	12.0	0	0	180	10	2	4
84	20.0	140	2.34	18.0	2.00	4.00	230	30	-10	100
85	24.0	168	2.52	24.0	0	0	200	50	-26	676
86	19.0	62.8	2.88	12.0	7.00	49.0	123	15	4	16

$S=3.86$ мм; $S/\sigma=0.23$; $P=100$ %.

$S=8.0$ мм; $S/\sigma=0.48$; $P=90$ %.

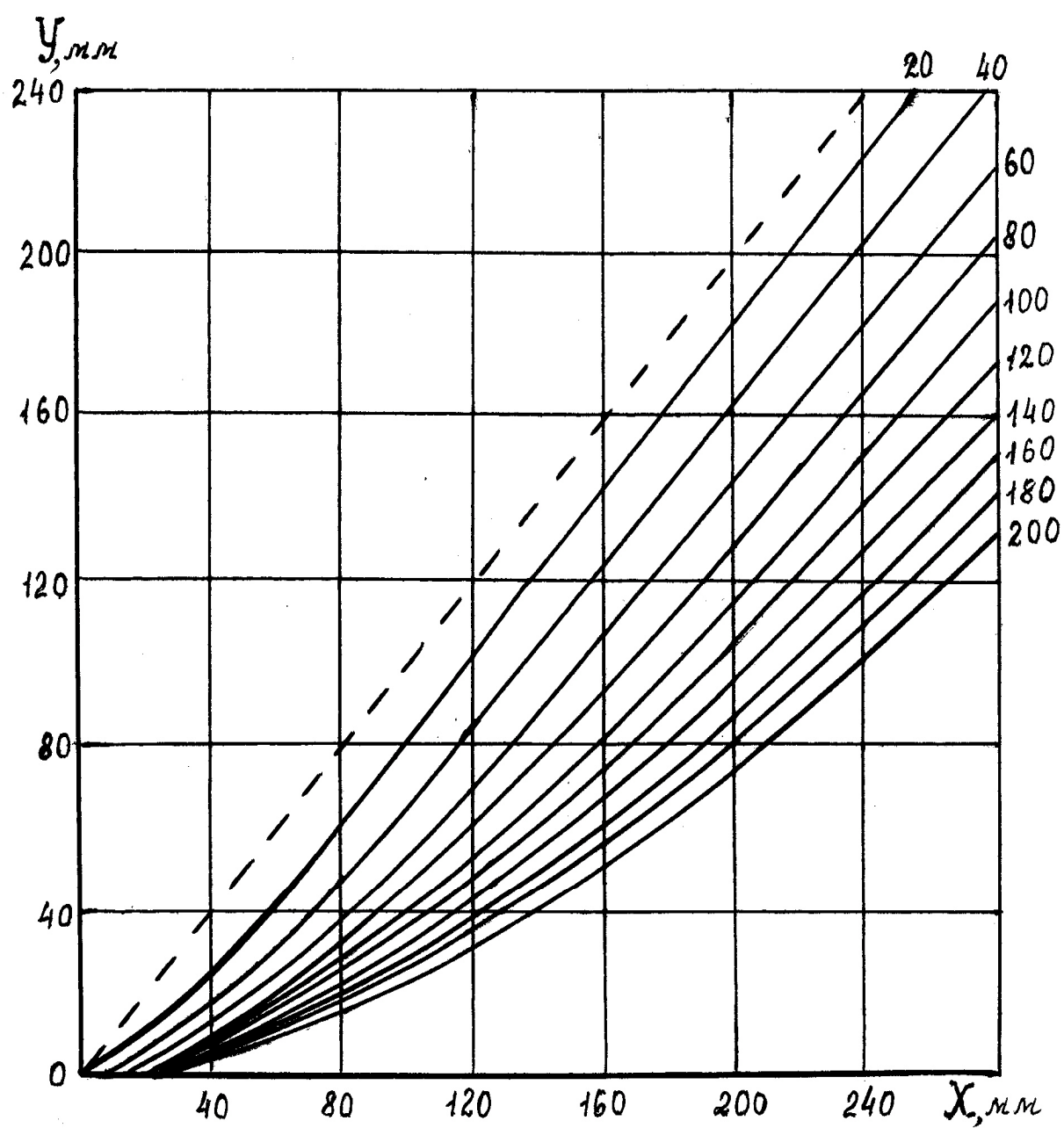
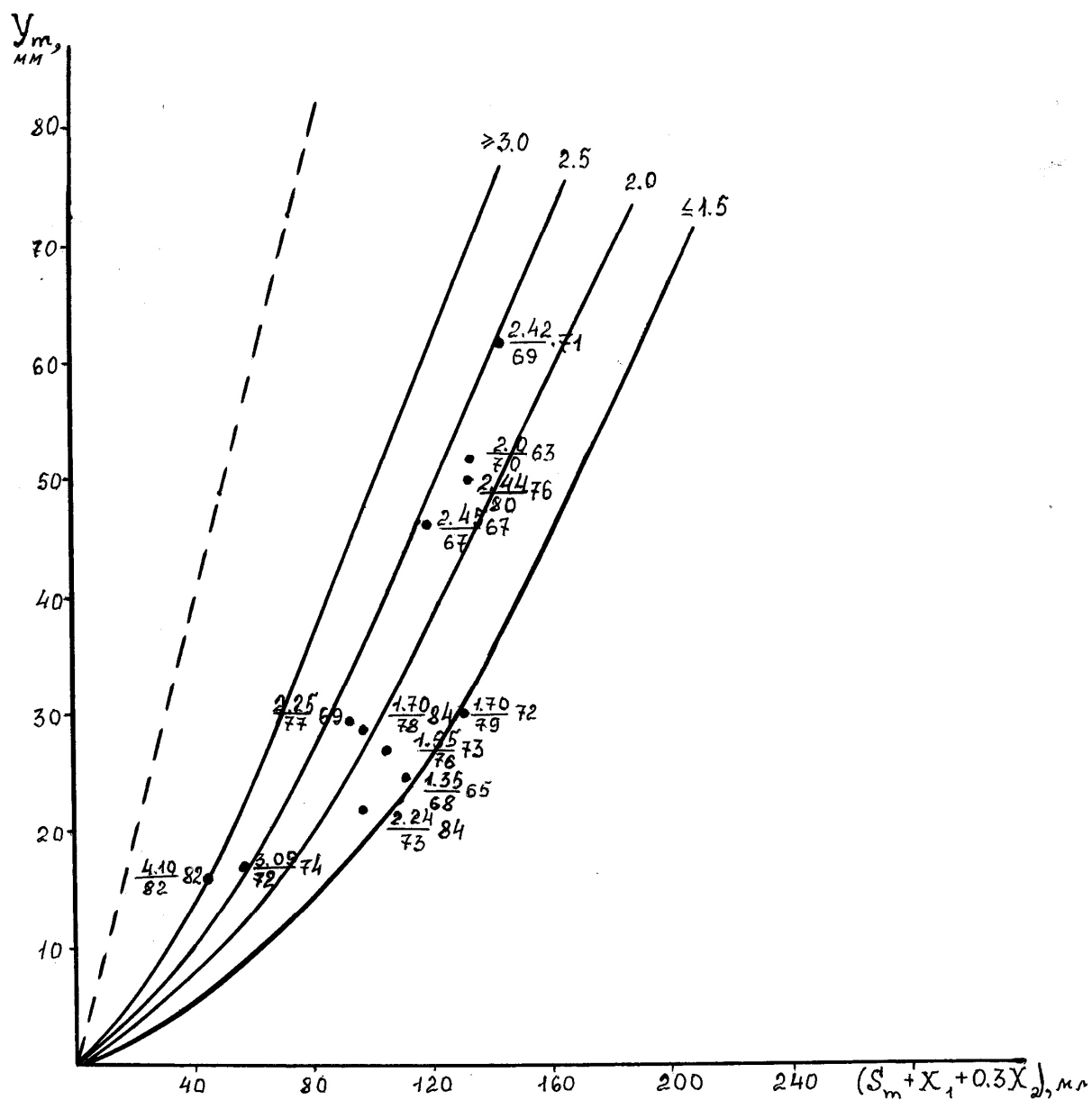


Рис.2.1 – Графічний вигляд рівняння стоку $Y_m = X - P_0(1 - e^{\frac{-X}{P_0}})$



Біля крапок - $\frac{\bar{q}_{09-01}}{\text{рік}} L$; біля кривих - показник зволоження ґрунту $\bar{q}_{09-01}$

Рис.2.2 – Залежність шару стоку весняного водопілля (Y_m) на р. Південний Буг-с.Підгір'я від сумарних запасів води на басейні і показника зволоження ґрунту в роки з промерзанням ґрунту ($L \geq 60$ см)

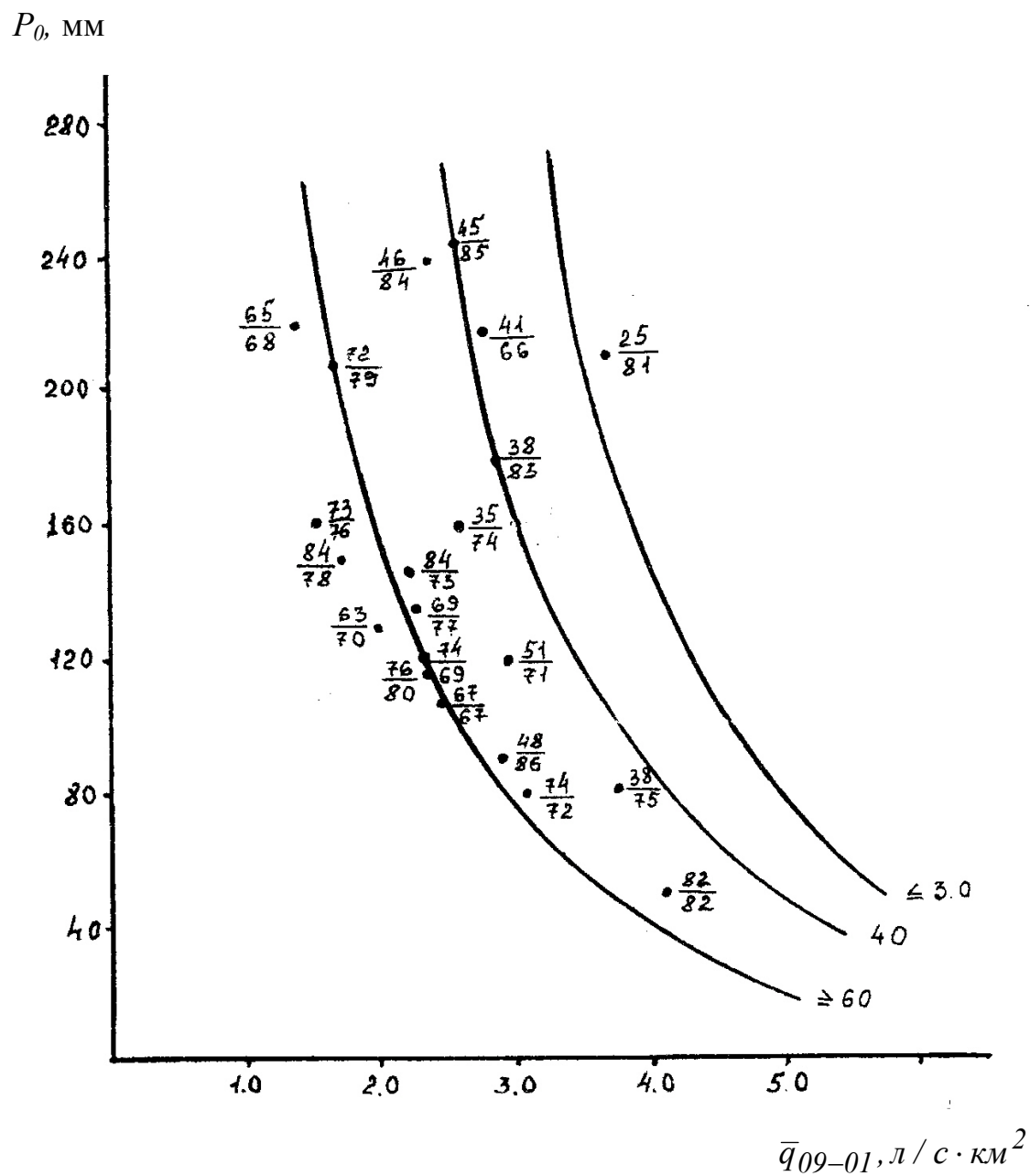


Рис.2.3 – Залежність параметру втрат води P_0 від індексу попереднього зволоження ґрунтів $\bar{q}_{09-01}$ та глибини промерзання ґрунтів L (числа біля ліній)

Додаток А

Вихідні дані для контрольної роботи №1

Варіант 1 – Визначення руслових запасів води на ділянці річки
р.Хопер х.Безплем'яновський-х.Дундуковський, 1987 р.

Дата	Витрата води, м ³ /с		
	Q_H	Q_B	$Q_{ПР}$
9.05	1490	1050	0,79
10.05	1450	940	0,74
11.05	1400	829	0,73
12.05	1340	739	0,73
13.05	1270	666	0,73
14.05	1180	600	0,73
15.05	1110	533	0,72
16.05	1040	476	0,72
17.05	962	418	0,71
18.05	892	353	0,66
19.05	840	286	0,62
20.05	792	234	0,53
21.05	750	197	0,56
22.05	696	172	0,56
23.05	620	153	0,53
24.05	492	141	0,53
25.05	373	130	0,53
26.05	298	122	0,53
27.05	253	114	0,53
28.05	226	106	0,52
29.05	202	99,5	0,52
30.05	188	95,3	0,52
31.05	174	91,1	0,52
1.06	165	86,9	0,52
2.06	155	82,7	0,51
3.06	146	79,2	0,51
4.06	137	76,5	0,54
5.06	131	74,4	0,54
6.06	124	71,7	0,54
7.06	120	69,1	0,54
8.06	114	67,1	0,51
9.06	109	65,1	0,51
10.06	106	63,2	0,50
11.06	101	61,3	0,50

Варіант 2 – Визначення руслових запасів води на ділянці річки
р.Хопер х.Безплем'яновський-х.Дундуковський, 1981 р.

Дата	Витрата води, м ³ /с		
	Q_D	Q_B	Q_{PP}
25.04	1850	1220	1,07
26.04	1750	1110	1,02
27.04	1670	989	0,97
28.04	1580	893	0,94
29.04	1470	799	0,92
30.04	1370	727	0,85
1.05	1260	652	0,85
2.05	1170	591	0,82
3.05	1070	532	0,81
4.05	979	467	0,78
5.05	912	402	0,77
6.05	859	347	0,78
7.05	802	294	0,76
8.05	762	252	0,71
9.05	716	224	0,69
10.05	649	200	0,69
11.05	547	181	0,68
12.05	432	168	0,67
13.05	350	159	0,67
14.05	300	149	0,66
15.05	265	140	0,63
16.05	241	131	0,63
17.05	223	126	0,62
18.05	207	122	0,60
19.05	193	119	0,60
20.05	185	116	0,59
21.05	176	111	0,57
22.05	172	107	0,57
23.05	171	104	0,56
24.05	162	100	0,55
25.05	157	95,8	0,54
26.05	150	93,4	0,57

Варіант 3 – Визначення руслових запасів води на ділянці річки
р.Хопер х.Безплем'яновський-х.Дундуковський, 1985 р.

Дата	Витрата води, м ³ /с		
	Q_H	Q_B	$Q_{ПР}$
19.04	2340	1220	1,42
20.04	2280	1080	1,42
21.04	2190	967	1,38
22.04	2050	861	1,38
23.04	1840	783	1,38
24.04	1640	727	1,34
25.04	1480	683	1,29
26.04	1360	649	1,29
27.04	1240	618	1,29
28.04	1150	596	1,29
29.04	1060	571	1,24
30.04	990	547	1,20
1.05	923	523	1,20
2.05	868	498	1,20
3.05	821	471	1,16
4.05	783	443	1,16
5.05	749	406	1,12
6.05	719	368	1,12
7.05	686	325	1,12
8.05	652	288	1,12
9.05	612	255	1,12
10.05	552	227	1,12
11.05	489	203	1,11
12.05	426	187	1,10
13.05	368	173	1,09
14.05	319	163	1,04
15.05	285	153	1,03
16.05	256	145	1,02
17.05	236	137	1,02
18.05	220	132	1,00
19.05	206	126	0,99
20.05	195	120	0,98
21.05	185	115	0,97
22.05	177	110	0,93

Варіант 4 – Визначення руслових запасів води на ділянці річки
р.Печора-с.Усть-Цильма, 1981 рік

Дата	Витрата води, м ³ /с			
	Q _Н	Q _{ПР1}	Q _В	Q _{ПР2}
25.05	23000	387	9580	5590
26.05	22900	363	9850	5300
27.05	22600	339	10300	4760
28.05	22300	322	10600	4540
29.05	21900	341	10800	4640
30.05	21700	445	10500	4150
31.05	21300	543	10000	3580
1.06	21100	570	9120	3150
2.06	20800	537	7880	3020
3.06	20600	484	6530	3630
4.06	20100	432	5600	2940
5.06	19300	385	5030	2540
6.06	18000	341	4670	2270
7.06	16300	302	4180	2070
8.06	14500	270	2560	1990
9.06	12700	249	2980	1990
10.06	11100	230	2700	1850
11.06	9420	214	2570	1490
12.06	8110	199	2450	1310
13.06	7080	187	2280	1200
14.06	6300	174	2030	1120
15.06	5780	163	1720	1090
16.06	5460	158	1580	1090
17.06	4960	156	1560	1110
18.06	4550	161	1590	947
19.06	4170	170	1670	881
20.06	3870	174	1620	86
21.06	3680	176	1490	908

Варіант 5 – Визначення руслових запасів води на ділянці річки
р.Даугава-м.Полоцьк – м.Веліж, 1974 рік

Дата	Витрата води, м ³ /с	
	Q_H м.Полоцьк	Q_B м.Веліж
22.04	2110	826
23.04	2060	811
24.04	1960	791
25.04	1850	772
26.04	1700	744
27.04	1550	701
28.04	1370	650
29.04	1220	599
30.04	1080	536
1.05	968	470
2.05	872	403
3.05	774	339
4.05	690	298
5.05	628	266
6.05	571	241
7.05	530	221
8.05	472	204
9.05	438	190
10.05	409	180

Додаток Б

Вихідні дані для контрольної роботи №2

Варіант 1 - Вихідні дані для розробки методики довгострокового прогнозу шарів стоку весняного водопілля
р. Дніпро - м. Смоленськ, $F=14100 \text{ км}^2$ (м/ст Сафоново)

Рік	Шар стоку, $Y_{\text{т-д}}$, мм	Витрата води, Q_m , $\text{м}^3/\text{с}$	Максимальні запаси води в снізі, S_m , мм	Опади, мм		Глибина ромерзання ґрунту, L , см	Індекс зволоження ґрунтів, $\bar{Q}_{11-2}$, $\text{м}^3/\text{с}$
				X_1	X_2		
1951	136	1060	93	27.8	47.7	73	49.0
52	79	606	159	18.0	26.0	52	25.9
53	137	926	98	4.7	89.8	77	54.3
54	94	503	63	31.0	57.9	96	39.0
55	144	962	111	35.0	46.4	41	50.0
56	166	1200	159	20.1	60.1	75	28.8
57	101	624	97	8.4	43.3	-	35.9
58	222	1650	179	62.0	40.0	33	46.2
59	94	579	95	14.2	32.8	45	41.0
1960	74	525	141	1.95	43.4	81	23.6
62	151	1260	157	33.3	34.6	41	40.0
63	96	682	106	4.3	19.5	96	41.0
64	83	597	125	37.2	16.7	81	29.6
65	46	379	95	13.7	27.4	-	30.9
66	145	780	111	78.3	78.9	60	33.2
67	113	803	152	68.4	36.6	60	23.4
68	111	738	155	15.2	74.6	-	27.3
69	70	467	91	71.9	56.0	-	26.9
1970	175	973	118	74.2	34.2	60	44.4
71	88	493	74	17.5	46.4	40	48.4
72	77	411	45	62.5	15.0	60	46.5
73	64	369	85	12.0	64.5	60	30.2
74	47	249	74	13.7	28.0	-	35.0
75	81	527	92	43.1	30.3	24	46.0
76	84	451	88	41.0	81.2	106	22.6
77	112	698	128	33.6	27.4	69	37.9
78	104	749	127	19.5	27.8	28	44.0

79	126	601	94	44.5	61.2	81	46.0
83	67	615	71	23.5	68.4	96	40.0

Варіант 2 - Вихідні дані для розробки методики довгострокового прогнозу шарів стоку весняного водопілля
р. Березіна – м. Бобруйськ, $F=20300 \text{ км}^2$ (м/ст. Березино)

Рік	Шар стоку, $Y_{\text{т-д}}$, мм	Витрата води, Q_m , $\text{м}^3/\text{с}$	Максимальні запаси води в снізі, S_m , мм	Опади, мм		Характеристика зволоження ґрунту, $W/0.75H_B$	Глибина промерзання ґрунту, L , см
				X_1	X_2		
1957	34	260	18	26.0	25.1	1.26	42
58	138	2030	160	27.0	54.0	1.09	20
59	47	432	59	28.0	49.0	1.13	22
1960	29	464	109	4.00	65.0	0.88	46
61	38	246	34	18.0	87.0	1.10	43
62	52	834	87	30.0	53.0	0.92	48
63	70	876	107	23.1	55.9	0.85	60
64	64	902	144	35.6	76.1	0.89	47
65	54	462	130	15.1	39.7	0.94	52
66	97	603	96	29.6	169	1.03	56
67	63	494	116	36.4	130	0.93	47
68	76	876	107	23.0	141	0.93	52
69	40	360	86	20.4	106	0.84	58
1970	95	1250	116	41.7	64.4	1.01	50
71	58	650	82	23.5	49.9	1.10	51
72	27	199	20	52.4	108	0.95	60
73	30	333	32	30.0	82.0	1.04	60
74	18	176	30	18.7	11.0	1.22	53
75	27	204	30	10.6	10.0	1.22	29
76	40	574	68	42.0	49.9	0.84	60
77	37	225	66	92.6	64.5	0.86	58
78	42	420	72	18.6	79.2	0.96	55
79	68	783	92	41.0	55.2	1.03	48
1980	40	375	83	19.5	94.8	0.93	53
81	31	288	40	-	-	1.13	54
82	48	333	85	22.5	95.5	0.90	26
83	51	529	51	39.9	102	1.05	48

84	15	241	52	17.9	14.4	0.93	56
85	49	580	88	41.3	55.1	0.94	57

Варіант 3 - Вихідні дані для розробки методики довгострокового прогнозу шарів стоку весняного водопілля
р. Западна Двіна - м. Вітебськ, $F=41700 \text{ км}^2$ (м/ст Веліж)

Рік	Шар стоку, $Y_{\text{т-д}}$, мм	Витрата води, Q_m , $\text{м}^3/\text{с}$	Максимальні запаси води в снізі, S_m , мм	Опади, мм		Індекс зволоження ґрунту, q_{11-02} , $\text{л/с} \cdot \text{км}^2$	Глибина промерзання ґрунту L , см
				X_1	X_2		
1955	145	1920	101	35.4	35.8	5.7	47
56	184	2710	178	50.5	25.9	2.4	51
57	56	1340	44	26.2	16.0	4.4	41
58	161	2700	127	51.2	29.9	5.3	22
59	111	1500	96	19.4	28.5	6.4	41
1960	61	1260	147	9.07	23.3	1.5	67
61	97	852	69	32.9	26.0	6.7	22
62	148	2680	162	35.3	22.6	4.1	41
63	74	1420	90	8.30	11.5	4.7	55
64	80	1760	137	27.4	9.50	2.0	54
65	99	1820	161	20.6	21.0	2.2	98
66	183	2090	132	77.8	53.1	2.5	89
67	105	1670	120	87.4	27.3	1.7	60
68	122	1820	136	31.3	23.2	3.0	101
69	61	2090	98	36.3	19.8	2.0	41
1970	172	1670	101	74.6	40.8	4.0	68
71	92	1400	93	21.1	13.3	3.4	78
72	65	798	44	55.2	20.8	4.3	127
73	87	1130	94	33.8	19.8	3.2	92
74	55	702	103	105	25.9	2.7	70
75	129	1150	90	45.0	16.5	6.1	57
76	68	952	116	32.8	33.2	2.0	98
77	119	1570	138	34.4	25.5	2.2	54
78	121	1490	136	30.5	12.9	4.3	53
79	121	1410	123	25.5	1.00	6.3	55

1980	98	1130	122	62.2	24.9	3.2	45
81	78	1130	88	27.0	10.8	5.5	61
83	67	1240	64	19.3	54.5	3.9	38
84	58	1030	84	50.2	20.1	2.6	60
85	105	1210	134	27.0	15.8	3.3	54

Варіант 4 - Вихідні дані для розробки методики довгострокового прогнозу шарів стоку весняного водопілля
р. Західна Двіна - м. Полоцьк, $F=41700 \text{ км}^2$ (м/ст Веліж)

Рік	Шар стоку, $Y_{т-д}$, мм	Витрата води, Q_m , $\text{м}^3/\text{с}$	Максимальні запаси води в снізі, S_m , мм	Опади, мм		Індекс зволоження ґрунту, q_{11-02} , $\text{л/с} \cdot \text{км}^2$	Глибина промерзання ґрунту, L , см
				X_1	X_2		
1955	162	2460	107	39.4	95.0	5.5	57
56	200	4060	190	47.5	70.0	2.3	61
57	78	1550	46	28.1	51.8	4.3	51
58	182	3360	138	62.2	57.3	4.3	28
59	119	1860	103	25.0	75.2	4.7	48
1960	57	1420	140	13.0	68.5	1.5	65
61	90	1130	64	35.5	69.0	4.4	32
62	134	3260	144	33.6	50.8	3.7	47
63	79	2160	96	8.8	26.5	3.9	70
64	73	2120	131	27.7	24.6	2.5	71
65	99	2390	158	20.6	49.0	2.7	58
66	168	2500	125	80.3	155	2.3	97
67	103	1850	114	76.5	56.0	1.7	63
68	123	2360	120	34.0	78.2	2.9	90
69	59	1290	95	35.0	50.0	2.0	67
1970	158	2640	107	76.0	100	3.1	87
71	86	1750	85	26.9	39.6	4.1	74
72	59	934	35	42.3	43.2	4.2	113
73	74	1290	78	39.8	57.8	3.1	99
74	50	806	82	30.5	33.0	2.3	79
75	120	1490	75	35.7	114	6.5	31
76	86	1040	100	33.0	88.7	1.5	90
77	99	1690	120	43.0	77.0	2.6	49
78	117	1830	118	36.4	34.3	4.4	46
79	113	1650	123	29.8	59.3	3.5	64
1980	78	1300	114	23.5	66.8	2.7	59

81	98	1460	76	31.6	48.7	5.3	38
82	93	1460	113	16.8	50.1	3.8	30
83	93	1690	53	27.0	132	6.2	46
84	52	1150	76	15.2	64.4	2.6	56
85	120	1480	125	43.2	38.8	2.8	56

Варіант 5 - Вихідні дані для розробки методики довгострокового прогнозу шарів стоку весняного водопілля
р. Неман - с. Беліця, F=16700 км²

Рік	Шар стоку, Y _{т-д} , мм	Витрата води, Q _м , м ³ /с	Максимальні запаси води в снізі, S _м , мм	Опади, мм		Характеристика зволоження ґрунту, W/0.75HB	Глибина промерзання ґрунту, L, см
				X ₁	X ₂		
58	163	2360	154	15.2	63.7	1.25	21
59	40	233	55	8.09	68.5	1.10	19
1960	67	628	87	18.9	49.8	1.02	54
61	51	228	32	21.0	92.0	1.13	28
62	66	800	70	19.0	34.0	1.05	50
63	65	703	94	25.2	55.8	0.85	47
64	66	718	114	23.4	29.8	0.98	50
65	64	568	124	16.2	40.3	1.02	44
66	98	682	81	28.8	103	1.19	46
67	69	518	111	22.0	89.4	0.96	42
68	79	763	90	25.5	52.6	1.13	49
69	55	479	73	18.2	123	1.06	60
1970	97	1050	112	52.9	33.4	1.11	52
71	42	434	57	25.4	32.0	1.13	35
72	39	204	30	57.2	41.8	1.15	58
73	30	313	26	13.2	26.1	1.25	60
74	19	242	18	8.6	11.6	1.32	49
75	16	161	12	9.4	4.7	1.39	19
76	48	504	53	14.0	30.7	1.22	56
77	40	263	51	34.6	37.0	1.00	59
78	72	423	98	19.9	107	1.07	28
79	105	1320	136	41.9	71.7	1.15	48
1980	49	507	67	11.2	52.8	1.01	47
81	38	310	29	18.4	36.8	1.17	44
82	47	283	104	18.3	46.6	0.97	17

83	44	345	29	70.2	49.2	1.06	35
84	23	267	55	14.6	0.0	1.07	49
85	56	487	84	34.1	19.5	1.15	56

Збірник Методичних вказівок
до самостійної роботи та виконання контрольних робіт
з курсу
“Гідрологічні прогнози”

Уклдачі: к.г.н., Сербов М.Г.
к.г.н., Шакірзанова Ж.Р.

Підп. до друку Формат Папір друк.
Умовн.друк.арк. Тираж Зам №

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

Надруковано з готового оригінал - мак

