

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

**ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК**  
**ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**  
**З ДИСЦИПЛІНИ „ГІДРОЛОГІЧНІ ПРОГНОЗИ”**

**Одеса-2005**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

З Б І Р Н И К  
МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК  
до практичних занять  
з д и с ц и п л і н и  
**"Гідрологічні прогнози"**

Затверджено  
методичною комісією  
гідрометеологічного інституту  
протокол №12 від 27.06.2005

Одеса-2005

Збірник методичних вказівок до практичних занять з дисципліни "Гідрологічні прогнози" для студентів IV – V курсів очної та заочної форм навчання за спеціальністю "Гідрологія та гідрохімія". / Лобода Н.С., Шакірзанова Ж.Р. – Одеса, ОДЕКУ, 2005. – 31 с.

## ЗМІСТ

1	Загальні положення.....	4
	1.1. Мета та задачі.....	4
	1.2. Контрольні запитання до практичних завдань.....	5
2	Фізичні основи прогнозів стоку весняно-літнього водопілля гірських річок.....	5
3	Теоретичні основи довгострокових прогнозів стоку весняно-літнього водопілля на гірських річках.....	6
4	Приклади практичних завдань.....	17
	4.1 Приклад 1 - Визначення висоти сезонної снігової лінії за температурою помітного сніготанення.....	17
	4.2 Приклад 2 - Прогноз стоку р. Арагві у с. Жинвані за квітень (перший місяць водопілля).....	20
	4.3 Приклад 3 - Прогноз стоку р. Інгурі у с. Джварі за травень (другий місяць водопілля).....	24
	Додаток А.....	29
	Додаток Б.....	30
	Перелік навчальної літератури.....	31

# 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

## 1.1 Мета та задачі

При вивченні розділу дисципліни „Гідрологічні прогнози”, у якому розглядаються теоретичні та практичні основи випуску прогнозів весняно-літнього водопілля гірських річок, студенти повинні отримати вміння та знання, які стосуються розуміння фізичних процесів, що визначають формування стоку гірських річок у період весняно-літнього водопілля та можливостей побудови прогностичних методик витрат води за різні періоди водопілля в залежності від наявної вихідної інформації та заданої завчасності прогнозів.

*Метою методичних вказівок* є закріплення студентами знань, отриманих студентами при вивченні розділу „Гідрологічні прогнози весняно-літнього водопілля гірських річок”.

*Задача методичних вказівок* - вироблення практичних навичок при розробці методик прогнозів стоку весняно-літнього водопілля гірських річок.

У результаті вивчення розділу „Гідрологічні прогнози весняно-літньої повені гірських річок”, студенти повинні:

### **Знати**

- особливості умов формування стоку за період весняно-літнього водопілля гірських річок;
- теоретичні основи методу прогнозів характеристик стоку весняно-літнього водопілля гірських річок;
- особливості побудування прогностичних методик характеристик стоку весняно-літнього водопілля гірських річок в залежності від обсягу вихідної гідрологічної інформації (при наявності спостережень за снігозапасами та при відсутності таких спостережень);
- закономірності формування стоку весняно-літнього водопілля за весь вегетаційний період та по календарних місяцях.

### **Вміти**

- ставити задачу прогнозу (згідно з метою прогнозу, заданої завчасності та в залежності від обсягу наявної інформації);
- обирати необхідну для досягнення поставленої мети методику прогнозу;
- визначати висоту сезонної снігової лінії за температурою помітного тавлення;
- установлювати висоту знаходження нульової ізотерми;
- визначати температуру повітря на заданій висоті за даними спостережень на опорній метеостанції та про градієнт температури повітря;

- розраховувати об'єми поталої води по висотних зонах з використанням даних про температуру повітря та коефіцієнтів танення;
- розраховувати середні снігозапаси на гірських водозборах;
- випускати прогнози стоку за вегетаційний період та по календарних місяцях для гірських водозборів за розробленими методиками.

Згідно з програмою курсу “Гідрологічні прогнози” на вивчення розділу відведено 8 годин лекційного курсу та 6 годин практичних занять. Лекційні часи та практичні роботи утворюють один модуль, після завершення якого студенти пишуть контрольну роботу. До модульного контролю виконання практичних робіт входять відповіді на контрольні запитання.

## **1.2 Контрольні запитання до практичних завдань**

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

1. Як розрахувати температуру повітря на різних висотах у випадку відсутності даних спостережень?
2. Як визначити висоту нульової та інших ізотерм в гірському басейні?
3. Що розуміють під “сезонною сніговою лінією”?
4. У чому суть метода визначення висоти снігової лінії за температурою помітного сніготанення?

Контрольні запитання до практичного завдання **“Прогноз місячного стоку на гірських річках”**:

1. Які основні фактори зумовлюють формування весняно-літнього водопілля на гірських річках?
2. Перелічіть основні фактори формування стоку першого та інших місяців весняно-літнього водопілля.
3. Що таке залишкові запаси води у сніговому покриві гірського басейну?
4. Що таке гіпсографічна крива? Для чого її використовують?
5. Як можна розрахувати індекс запасів води у сніговому покриві гірського водозбору при відсутності чи недостатності даних спостережень за снігозапасами на висотних зонах?

## **2 ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ПРОГНОЗІВ СТОКУ ВЕСНЯНО-ЛІТНЬОГО ВОДОПІЛЛЯ ГІРСЬКИХ РІЧОК**

Формування весняно-літнього водопілля у гірських районах характеризуються такими особливостями.

1. Вертикальна зональність у розподілі опадів та температур повітря, яка проявляється у збільшенні опадів та зниженні температур із зростанням

висоти і обумовлює неодноразовість сніготанення у різних висотних зонах.

2. Неодноразовість сніготанення приводить до існування динаміки розподілу площ одночасного сніготанення. Для урахування динаміки сніготанення вводиться поняття про сезонну снігову лінію. За своєю суттю – це нижня границя снігової лінії. Під час процесу танення ця лінія швидко піднімається. Як правило, під сніговою лінією розуміють лінію, що проходить по висотах, де сніговий покрив займає невелику площу.
3. В свою чергу неодноразовість сніготанення в горах обумовлює розтягнуте у часі водопілля, яке спостерігається у весняні та літні місяці, звідки і походить назва “весняно-літнє” водопілля.
4. Наявність значних ухилів, існування схилового стоку контактного типу сприяє зменшенню втрат талого стоку на інфільтрацію у поверхню ґрунтів, через що урахування втрат снігозапасів не є обов’язковим при розробці прогностичних методик.
5. Підземне живлення річок забезпечується припливом води з глибоко розташованих водоносних горизонтів. Таке живлення має назву базисного. Сталість базисного стоку дозволяє при випуску гідрологічних прогнозів розглядати цю характеристику як деяку сталу.
6. Розтягнутість весняно-літнього водопілля у часі приводить до зростання ролі опадів  $X_2$ , тобто опадів, які випадають на поверхню вільну від снігу.
7. Залежність ходу сніготанення від температури у горах приводить до формування багатопікового гідрографу весняного водопілля.

### **3 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОВГОСТРОКОВИХ ПРОГНОЗІВ СТОКУ ВЕСНЯНО-ЛІТНЬОГО ВОДОПІЛЛЯ НА ГІРСЬКИХ РІЧКАХ**

Теоретичною основою прогнозів є рівняння водного балансу, яке складається з урахуванням того, що сніготанення у горах відбувається нерівномірно по висоті. Досліджувана територія розбивається на висотні зони. Приймається припущення, що сніготанення відбувається одночасно у межах однієї зони на всіх пунктах, які входять у цю зону. Рівняння водного балансу може бути записано у вигляді:

$$\begin{aligned}
 Y_T + Y_D + Y_{ПДЗ} = & \sum_{j=1}^m S_j f_j + \sum_{j=1}^m X_{1j} f_j + \sum_{j=1}^m X_{2j} f_j + (H_L + X_L) f_L \\
 + \sum_{j=1}^m E_{Cj} f_j + \sum_{j=1}^m E_{Пj} f_j \pm \Delta_{ГР} \pm \Delta_{ПДЗ} , & \quad (3.1)
 \end{aligned}$$

де  $Y_T$  - поверхневий стік талих вод та стік від дощів, що випадають на поверхню снігового покриву (за виключенням стійкого базисного живлення підземними водами);

$Y_D$  - поверхневий стік, який формується дощами, що випадають на відкриту від снігу поверхню;

$Y_{ПДЗ}$  - базисний підземний стік;

$j$  - індекс, який показує номер висотної зони;

$m$  - загальна кількість зон;

$S_j$  - запас води у сніговому покриві перед початком сніготанення у висотній зоні;

$f_j$  - площа висотної зони, виражена в частках від загальної площі водозбору, яка може бути визначеною за гіпсографічною;

$X_{1j}$  - кількість опадів, що випадають в зоні за час сніготанення;

$X_{2j}$  - кількість опадів, що випадають в висотній зоні за час від сходу снігового покриву до закінчення водопілля у розрахунковому створі;

$H_L + X_L$  - шар талих вод та шар рідких опадів під час сніготанення на відносній площі  $f_L$ , зайнятій льодовиками;

$E_{Cj}$  - випаровування з поверхні снігового покриву у висотній зоні;

$E_{Пj}$  - випаровування з поверхні ґрунту за час від сходу снігового покриву у висотній зоні до закінчення водопілля у розрахунковому створі;

$\Delta_{ГР}$  - зміна запасів води, що знаходяться вище водоносних горизонтів, які забезпечують базисне живлення;

$\Delta_{ПДЗ}$  - зміна запасів води водоносних горизонтів, які забезпечують базисне живлення.

Дані про складові рівняння (3.1) здебільшого відсутні. Реалізація методу водного балансу у прогнозах стоку весняно-літнього водопілля гірських річок зводиться до встановлення кореляційних зв'язків прогнозованих величин з чинниками основних факторів весняного водопілля у горах.

Головним предиктором прогностичних рівнянь є снігозапаси на водозборі, які визначаються як середньозважені по висотних зонах

$$S_{СЕР} = S_1 f_1 + S_2 f_2 + S_3 f_3 + S_3 f_3 + \dots S_j f_j + \dots S_m f_m, \quad (3.2)$$

де  $S_j$  - снігозапаси у межах кожної  $j$  - тої висотної зони;

$m$  - загальна кількість висотних зон;

$f_j$  - площа кожної висотної зони, виражена в частках від загальної площі водозбору, яка може бути визначеною за гіпсографічною кривою (див. рис.4.3 у прикладі 2).



Для практичного використання наявні снігозапаси кожної висотної зони зручніше представити у вигляді модульних коефіцієнтів  $k_j$

$$k_j = \frac{S_j}{\bar{S}_j}, \quad (3.3)$$

де  $k_j$  - модульний коефіцієнт снігозапасів у кожній  $j$ -тій висотній зоні;

$\bar{S}_j$  - середньобагаторічні снігозапаси у кожній  $j$ -тій висотній зоні.

З (3.3) витікає, що

$$S_j = k_j \bar{S}_j. \quad (3.4)$$

Отже, формула (3.2) для розрахунків середніх снігозапасів у межах гірського водозбору може бути представлена формулою

$$S_{CEP} = k_1 \bar{S}_1 f_1 + k_2 \bar{S}_2 f_2 + k_3 \bar{S}_3 f_3 \dots + k_j \bar{S}_j f_j \dots + k_m \bar{S}_m f_m. \quad (3.5)$$

У якості характеристики середніх снігозапасів на водозборі можуть бути використані середні модульні коефіцієнти снігозапасів  $k_{CEP}$  у межах усього водозбору.

Для визначення такого коефіцієнту необхідно складові рівняння (3.5) розділити на середньобагаторічні снігозапаси по водозбору  $\bar{S}_{CEP}$

$$k_{CEP} = k_1 \frac{\bar{S}_1}{\bar{S}_{CEP}} f_1 + k_2 \frac{\bar{S}_2}{\bar{S}_{CEP}} f_2 + \dots k_j \frac{\bar{S}_j}{\bar{S}_{CEP}} f_j + \dots k_m \frac{\bar{S}_m}{\bar{S}_{CEP}} f_m. \quad (3.6)$$

У зв'язку з тим, що визначення снігозапасів за даними спостережень не завжди можливе, середній модульний коефіцієнт снігозапасів можна визначити за даними про тверді опади, які можуть розглядатися як еквівалент снігозапасів на водозборі. У цьому випадку поняття “середній модульний коефіцієнт снігозапасів” замінюється на так званий “індекс снігозапасів”. Модульний коефіцієнт  $k_j$  у (3.6) розраховується наступним чином:

$$k_j = \frac{\sum X_j}{\sum \bar{X}_j}, \quad (3.7)$$

де  $\sum X_j$  - тверді опади, які обумовлюють формування весняно-літнього водопілля у  $j$ -тій висотній зоні;

$\sum \bar{X}_j$  - середньобіагаторічні тверді опади, які обумовлюють весняно-літнє водопілля у  $j$ -тій висотній зоні.

Для розрахунків показника (індексу) снігонакопичення за даними про тверді опади визначають тривалість холодного періоду у кожній висотній зоні. За початок холодного періоду приймають декаду остаточного переходу температури повітря через  $0^\circ C$  восени. За кінець – перехід температури повітря через  $0^\circ C$  весною у останню декаду з від'ємною температурою повітря. Тривалість холодного періоду визначають для кожної висотної зони. Кількість твердих опадів підраховується за весь холодний період за даними усіх метеорологічних станцій, які входять до висотної зони. Модульний коефіцієнт  $k_j$  для кожної висотної зони визначається як середнє арифметичне значення по усіх розглянутих станціях.

Якщо матеріали про середньобіагаторічні снігозапаси також відсутні, то відношення середньобіагаторічних величин снігозапасів  $\frac{\bar{S}_j}{\bar{S}_{СЕР}}$  замінюється на відповідне відношення середньобіагаторічних величин твердих опадів.

Кількість талої води, яка приймає участь у формуванні стоку, залежить від суми позитивних температур повітря

$$S_T = k_T \sum_{i=1}^{i=t} \theta^+ , \quad (3.8)$$

де  $k_T$  - коефіцієнт танення;  $t$  - момент складання прогнозу;  $i$  - номер доби від моменту стійкого переходу через  $0^\circ C$ .

Отже, можна записати, що

$$\frac{S_j}{\bar{S}} = \frac{\sum \theta^+_j}{\sum \bar{\theta}^+} , \quad (3.9)$$

де  $\sum \theta^+_j$  - сума позитивних температур повітря для кожної  $j$ -тої висотної зони;

$\sum \bar{\theta}^+$  - середньобіагаторічна сума позитивних температур повітря для кожної  $j$ -тої висотної зони.

Аналогічним чином, відношення середньобагаторічних снігозапасів у кожній висотній зоні до середньобагаторічних снігозапасів на водозборі можна замінити відношенням середньобагаторічних сум позитивних температур повітря для кожної  $j$ -тої висотної зони  $\sum \bar{\theta}^+_j$  та для водозбору в цілому  $\sum \bar{\theta}^+_{CEP}$

$$\frac{\bar{S}_j}{\bar{S}_{CEP}} = \frac{\sum \bar{\theta}^+_j}{\sum \bar{\theta}^+_{CEP}}. \quad (3.10)$$

Сума позитивних температур повітря характеризує кількість тепла, яке необхідно витратити, щоб розтанули снігозапаси, вона підраховується від дати проходження нульової ізотерми через задану висоту до дати проходження через неї снігової лінії. Розрахункове рівняння (3.6) набуває вигляду

$$k_{CEP} = k_1 \frac{\sum \bar{\theta}^+_{1}}{\sum \bar{\theta}^+_{CEP}} f_1 + k_2 \frac{\sum \bar{\theta}^+_{2}}{\sum \bar{\theta}^+_{CEP}} f_2 + \dots + k_m \frac{\sum \bar{\theta}^+_{m}}{\sum \bar{\theta}^+_{CEP}} f_m. \quad (3.11)$$

Визначення середнього модульного коефіцієнта снігозапасів або індексу снігозапасів на гірському водозборі може відбуватися з використанням даних про коефіцієнти стоку у різних висотних зонах.

У загальному випадку коефіцієнт стоку  $\eta$  дорівнює відношенню норми стоку  $\bar{Y}$  та норми опадів  $\bar{X}$ , розглянутими за розрахунковий період

$$\eta = \frac{\bar{Y}}{\bar{X}}. \quad (3.12)$$

При визначенні коефіцієнтів талого стоку тверді опади, які приймали участь у формуванні весняно-літнього водопілля, можуть бути замінені на снігозапаси

$$\eta = \frac{\bar{Y}}{\bar{S}}. \quad (3.13)$$

Таким чином, співвідношення  $\frac{\bar{S}_j}{\bar{S}_{CEP}}$ , представлено у (3.6), можна виразити через коефіцієнти стоку

$$\bar{S}_j = \frac{\bar{Y}_j}{\eta_j}. \quad (3.14)$$

$$\bar{S}_{CEP} = \frac{\bar{Y}_{CEP}}{\eta_{CEP}}. \quad (3.15)$$

У цьому разі середній модульний коефіцієнт або індекс снігозапасів має розраховуватись за формулою

$$k_{CEP} = k_1 \frac{\bar{Y}_1}{\bar{Y}_{CEP}} \frac{\eta_{CEP}}{\eta_1} f_1 + k_2 \frac{\bar{Y}_2}{\bar{Y}_{CEP}} \frac{\eta_{CEP}}{\eta_2} f_2 + \dots k_j \frac{\bar{Y}_j}{\bar{Y}_{CEP}} \frac{\eta_{CEP}}{\eta_j} f_j + \dots \\ + k_m \frac{\bar{Y}_m}{\bar{Y}_{CEP}} \frac{\eta_{CEP}}{\eta_m} f_m, \quad (3.16)$$

де  $\bar{Y}_j$  - норма шару стоку за весняно-літнє водопілля у  $j$ - тій висотній зоні;

$\eta_j$  - коефіцієнт стоку  $j$ - тій висотній зоні;

$\bar{Y}_{CEP}$  - норма шару стоку за весняно-літнє водопілля на водозборі у цілому;

$\eta_{CEP}$  - коефіцієнт стоку у межах усього водозбору.

Відомо, що у багатьох гірських басейнах, де стік з нижніх зон незначний, інтенсивне його підвищення починається тоді, коли температура повітря устанавлюється вище зазначеної межі. У результаті аналізу суміщених графіків ходу гідрометеорологічних елементів у басейні вибирають роки, коли в нижніх зонах на початку весни утримувалась додатна температура повітря, а значущого підвищення стоку не спостерігалось. Така температура має назву температури помітного танення. Визначивши за ряд років максимальну температуру повітря, при якій збільшення стоку не відбувається, по вертикальному градієнту температури повітря і висоті метеорологічної станції знаходять висоту нульової ізотерми, яка відповідає верхній границі площі, що не дає стоку. Тоді вище розташована площа басейну і є головною областю формування талого стоку. Для визначення висоти, яка відповідає площі помітного танення, використовують градієнт температури. Під температурним градієнтом розуміють зміну температур повітря на кожні 100 м підйому, тобто

$$\gamma_\theta = \frac{\theta_{on} - \theta_H}{\Delta H} 100, \quad (3.17)$$

де  $\gamma_\theta$  - градієнт температур повітря;

$\theta_{on}$  - температура повітря на опорній станції;

$\theta_H$  - температура повітря на висоті  $H$  ;

$\Delta H$  - зміна висот.

При зменшенні температури з висотою градієнт має додатній знак. Тоді висота помітного танення  $H_{ПТ}$  визначається за рівнянням

$$H_{ПТ} = H_{on} + \frac{\theta_{on} - \theta_{ПТ}}{\gamma_{\theta}} 100, \quad (3.18)$$

де  $\theta_{ПТ}$  - температура помітного танення снігу (приймається рівною  $4^{\circ}C$ );

$H_{on}$  - висота опорної станції.

Для гір у період танення снігу характерне чергування потеплінь та похолодань. Якщо після похолодання  $\theta < 0^{\circ}C$ , яке викликало спад рівнів води, починається добре виражений підйом, то це свідчить про наявність снігового покриву на тій висоті, де температура досягла значення температури помітного танення. Отже, висота ізотерми  $4^{\circ}C$  дорівнює або дещо перевищує висоту снігової лінії.

Встановивши нижню границю основної області формування талого стоку, переходять до визначення показника снігозапасів у басейні. При цьому усю область формування стоку розбивають на декілька висотних зон, для яких обчислюють модульні коефіцієнти снігозапасів.

Для визначення тривалості холодного періоду на різних висотах необхідно знати, коли опуститься і коли підніметься до заданої висоти ізотерма  $0^{\circ}C$ . Вважають, що опади на висоті вище нульової ізотерми випадають тільки у твердому вигляді. Висоту нульової ізотерми розраховують за формулою

$$H_{0^{\circ}} = H_{on} + \frac{\theta_{on}}{\gamma_{\theta}} 100, \quad (3.19)$$

де  $H_{0^{\circ}}$  - висота нульової ізотерми.

При розрахунках об'ємів талої води у різних висотних зонах з використанням коефіцієнту танення необхідно знати температуру повітря на заданій висоті або суму позитивних температур з використанням даних про температуру повітря на опорній станції. У такому випадку шукану температуру повітря обчислюють таким чином:

$$\theta_H = \theta_{on} - \gamma_{\theta} \frac{\Delta H}{100}. \quad (3.20)$$

Основними видами довгострокових прогнозів стоку гірських річок у період весняно-літнього водопілля є:

- прогнози стоку за вегетаційний період (квітень – вересень);
- прогнози місячного стоку.

Прогнози за вегетаційний період випускаються у вигляді залежностей середньої витрати води за вегетаційний період:

- по снігозапасах перед початком весняно-літнього водопілля, наприклад,

$$\bar{Q}_{IV-IX} = f(S_{III}), \quad (3.21)$$

де  $\bar{Q}_{IV-IX}$  - середня витрата за вегетаційний період;

$S_{III}$  - середні снігозапаси на водозборі на кінець березня;

- по опадах за холодний період, наприклад,

$$\bar{Q}_{IV-IX} = f(k_{СЕР}), \quad (3.22)$$

де  $k_{СЕР}$  - середній модульний коефіцієнт снігозапасів, розрахований за даними про опади.

Якщо на водозборі спостерігаються відлиги, урахувати їх вплив на формування снігозапасів перед початком весняно-літнього водопілля можна декількома способами.

Розрахунком стоку за зимові паводки, при цьому від загального стоку за зиму  $Y_{ЗИМА}$  віднімається базисна складова  $Y_{БАЗ}$

$$Y_{ВІДЛИГ} = Y_{ЗИМА} - Y_{БАЗ}. \quad (3.23)$$

Далі ту частину снігозапасів, що розтанула за рахунок відлиг, розраховують за допомогою коефіцієнта стоку  $\eta$

$$S_{ВІДЛИГ} = \frac{Y_{ВІДЛИГ}}{\eta}, \quad (3.24)$$

де  $S_{ВІДЛИГ}$  - частина снігозапасів, що розтанула у періоди відлиг.

Тобто, з метою оцінки снігозапасів на початок весняного водопілля від загальних снігозапасів забирають те, що розтануло у відлиги.

Розрахунком кількості витрачених у періоди відлиг снігозапасів через коефіцієнт танення

$$S_{ВІДЛИГ} = k \sum \theta^+, \quad (3.25)$$

де  $k$  - коефіцієнт танення снігу за період відлиг;

$\sum \theta^+$  - сума позитивних температур за період відлиг.

Прогнози стоку за даний місяць періоду весняно-літнього водопілля випускаються 21-25 числа попереднього місяця. Складаються вони, як правило, за допомогою емпіричних залежностей величини стоку за даний місяць від факторів, що визначають кількість снігу, який розтане на протязі цього місяця.

У перші один – два місяця весняно-літнього водопілля особливу роль відіграє початковий запас снігу у сніговому покриві. Кількість снігу, що має розтанути, може бути представленою непрямою характеристикою сніготанення – температурою повітря або її відхиленням від норми.

Наприклад, прогностична залежність може приймати вигляд

$$\bar{Q}_{IV} = f(S_{20.III}, \theta_{IV}), \quad (3.26)$$

де  $\bar{Q}_{IV}$  - середня витрата за квітень, перший місяць вегетаційного періоду;

$S_{20.III}$  - снігозапаси на кінець березня;

$\theta_{IV}$  - середня місячна температура повітря за квітень.

Середня місячна температура повітря  $\theta_{IV}$  характеризує частину накопиченого снігу, що має станути. Якщо вимірювання снігозапасів на водозборі не відбувається, то аргументом можуть служити опади за холодний період (наприклад,  $\sum_{1/X}^{20/III} X$ ) або коефіцієнт середніх снігозапасів. Для використання прогностичної залежності, представленої рівнянням (3.26) необхідно отримати метеорологічний прогноз температури на квітень  $\theta_{IV}$ . Для того, щоб урахувати очікувані температури повітря у місяць, для якого випускається прогноз, допускається також використовувати можливі відхилення температури повітря від її середньобагаторічної величини.

Для наступних місяців треба вже враховувати тільки ту частину снігозапасів, що залишилася на початок місяця, для якого випускається прогноз. Якщо є дані вимірювань снігового покриву перед початком сніготанення, то кількість запасів води у сніговому покриві можна знайти, як різницю між початковим запасом води і шаром талого снігу. Такі розрахунки виконуються по висотних зонах за температурою повітря та коефіцієнтом танення

$$S_T = k_T \sum_{i=1}^{i=t} \theta^+, \quad (3.27)$$

де  $k_T$  - коефіцієнт танення;

$t$  - момент складання прогнозу;

$i$  - номер доби від моменту стійкого переходу через  $0^\circ \text{C}$ .

Тоді частина снігових запасів, що залишилася дорівнює ( $S_{ЗАЛ}$ ):

$$S_{ЗАЛ} = S_{МАХ} - k_T \sum_{i=1}^{i=t} \theta^+, \quad (3.28)$$

Кількісним показником снігозапасів, що залишилися, може бути витрата за попередній місяць або декілька попередніх місяців вегетаційного періоду та температура повітря за ці ж періоди. Загальний вид прогнозної залежності такий

$$Q_j = f(Q_{j-1}, \frac{1}{\theta_{j-1}}), \quad (3.29)$$

де  $Q_j$  - витрата води за місяць, для якого випускається прогноз;

$Q_{j-1}$  - витрата води за попередній місяць,

$\theta_{j-1}$  - температура повітря за попередній місяць.

Або

$$Q_j = f(\sum X, \frac{1}{\theta}), \quad (3.30)$$

де  $\sum X$  - кількість твердих опадів за зиму;

$\theta$  - температура повітря за попередні місяці.

На гірських річках велику роль відіграють рідкі опади, які спостерігаються на спаді весняно-літньої повені, отже при розробці прогностичних методик можливо ураховувати опади, які спостерігалися у попередні місяці вегетаційного періоду, або опади, що мають випасти у той місяць, для якого випускається прогноз, наприклад

$$\bar{Q}_{VI} = f(S, X_V) \quad , \quad (3.31)$$

де  $S$  - снігозапаси або їх показник у вигляді кількості опадів за холодний період;

$X_V$  - опади у травні.



Стік за останній місяць весняно-літньої повені при відсутності на водозборі льодовиків визначається залишком снігозапасів та можливим припливом води від дощових опадів.

Якщо на водозборі є льодовики, то прогноз випускається з урахуванням середньої місячної температури, що очікується. Стік з льодовиків у значній мірі залежить від двох факторів: температури повітря та сезонного запасу снігу на льодовику. Чим більший запас снігу у тих висотних зонах, де є льодовик, тим пізніше він відкриється і тим менша буде тривалість танення льодовика. Наприклад, залежність стоку за вегетаційний період на гірському водозборі з льодовиками  $\bar{Q}^L_{IV-IX}$  від кількості накопичених твердих опадів має характер експоненти  $\bar{Q}^L_{IV-IX} = f(X_{X-V})$ . Проте, чим більше температура повітря за розрахунковий період, тим раніше відкривається льодовик і тим більший буде стік у розрахунковому створі. Отже, при наявності на водозборі льодовиків, у прогностичних залежностях окрім даних про накопичені снігозапаси, у якості третьої змінної використовують суму позитивних температур повітря за розрахунковий період, наприклад,

$$\bar{Q}^L_{IV-IX} = f\left(X_{X-V}, \sum_{IV}^{IX} \theta^+\right), \quad (3.32)$$

де  $\bar{Q}^L_{IV-IX}$  - середня витрата за вегетаційний період на водозборі з льодовиками;

$X_{X-V}$  - кількість опадів з жовтня минулого по травень поточного року, включно;

$\sum_{IV}^{IX} \theta^+$  - сума позитивних температур за розрахунковий період.

При прогнозах місячних величин стоку на водозборах з льодовиками у якості основної змінної прогностичних залежностей використовують стік попереднього місяця  $Q_{j-1}$ , а показником припливу води за рахунок танення льодовика буде температура повітря, наприклад

$$\bar{Q}_{IX} = f(\bar{Q}_{VIII}, \theta_{IX}). \quad (3.33)$$

## 4 ПРИКЛАДИ ПРАКТИЧНИХ ЗАВДАНЬ

### 4.1 Приклад 1 - Визначення висоти сезонної снігової лінії за температурою помітного сніготанення

**Завдання:** визначити хід сезонної снігової лінії у 1983 році.

**Дано:** 1) Сумісний графік ходу рівнів води на р.Арагві у с.Чинті, температури повітря і опадів по метеостанції Мухрані (на висоті  $H_{on}=551\text{м}$ ) - з березня по серпень 1983 р. (рис.4.1).

2) Середньодобові температури повітря по ст. Мухрані за той же період (табл.4.1).

3) Градієнт температури повітря  $\gamma_{\theta}=0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$  на кожні 100 м.

4) Температура помітного танення снігу  $\theta_{nm}$ , яка дорівнює  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

5) Час добігання поталої води  $\tau=1$  доба.

**Рішення:**

1. Аналізується за комплексним графіком (див. рис.4.1) хід рівнів води, температури повітря та опадів під час весняно-літнього водопілля 1983 року на р. Арагві у с. Чинті.

Обираються періоди, під час яких були відсутні рідкі опади. В такі періоди підйом рівнів води при підвищенні температури повітря обумовлений таненням снігу у той висотній зоні, куди підійшла ізотерма помітного танення.

Якщо при подальшому рості температури повітря спостерігається зниження рівнів води, то це вказує на те, що у межах даної висотної зони сніг розтанув. При переміщенні ізотерми помітного танення вгору таненням охоплюються більш високі зони.

Фіксуються дати початку вказаних підйомів рівнів води (точки 1 – 8 на рис.4.1) і заносяться до табл.4.2.

2. До дат підйому рівнів води вноситься поправка на час добігання (див. табл.1.2).

3. На виправлені дати за табл.4.1 визначається температура повітря ( $\theta_{on}$ ) по опорній станції Мухрані (див. табл.4.2).

4. Якщо відома висота опорної станції ( $H_{on}$ ) та градієнт температури повітря ( $\gamma_{\theta}$ ), можна визначити висоту снігової лінії в басейні за виразом:

$$H_{cl} = H_{on} + \frac{\theta_{on} - 4}{\gamma_{\theta}} 100. \quad (4.1)$$

Розрахунок заносимо до табл.4.2

Таблиця 4.1 - Середньодобова температура повітря, м/с Мухрані, 1983 р.  
 $H_{on} = 551$  м

Дата	Місяці					
	3	4	5	6	7	8
1	2.6	12.1	14.8	18.3	21.5	24.5
2	0.4	12.4	16.0	19.0	22.2	18.0
3	-1.4	12.2	14.3	18.2	23.0	20.5
4	-1.8	11.3	12.6	18.4	22.0	19.2
5	-2.5	11.1	12.6	18.1	24.3	21.3
6	-4.1	12.7	14.3	20.4	21.5	21.5
7	-3.7	15.0	16.3	19.0	21.0	22.3
8	-2.0	15.6	13.7	18.6	20.8	23.7
9	-1.0	14.2	11.0	15.6	24.3	24.4
10	-3.1	16.7	12.0	13.3	25.1	24.9
11	3.4	12.1	14.5	14.8	26.9	23.3
12	5.5	13.5	15.3	17.3	27.4	25.1
13	3.6	14.5	16.9	19.5	26.5	25.7
14	0.2	15.5	14.9	21.2	25.8	27.0
15	1.0	16.3	13.8	20.2	25.4	24.3
16	2.0	16.3	13.9	21.6	25.4	20.3
17	3.2	15.9	16.9	22.5	27.0	19.4
18	5.8	8.8	18.1	21.0	28.4	21.5
19	4.9	5.7	19.6	22.8	25.1	21.9
20	8.2	8.8	19.5	20.1	22.1	21.8
21	8.1	9.3	20.3	19.1	21.1	21.4
22	8.0	9.9	20.9	19.6	21.8	19.6
23	7.9	9.9	20.8	18.4	20.7	17.3
24	8.5	10.1	18.3	16.8	19.2	16.5
25	11.0	11.9	19.9	16.5	20.9	14.9
26	12.7	11.9	20.2	15.5	19.5	16.6
27	12.5	13.5	20.8	16.7	19.3	17.6
28	13.0	14.7	18.2	17.5	17.2	14.9
29	12.2	16.0	18.5	18.2	18.8	15.9
30	11.6	15.9	18.8	20.6	19.6	18.0
31	9.3		18.0		23.9	19.1

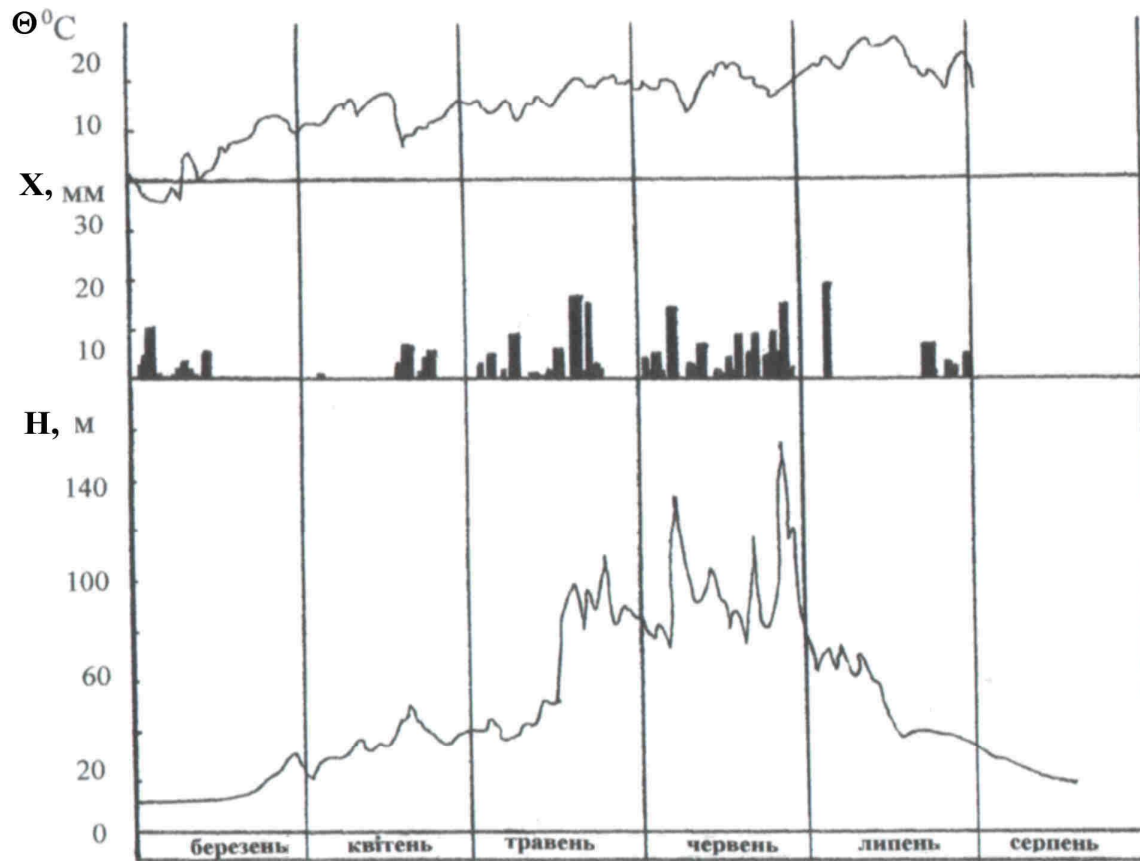


Рисунок 4.1 – Сумісний графік ходу рівнів води (H) на р.Арагві у с.Чинті, температури повітря ( $\theta$ ) і опадів (X) по метеостанції Мухрані, 1983 р.

Таблиця 4.2 – Визначення висоти сезонної снігової лінії за температурою помітного сніготанення в басейні р.Арагві-с.Чинті, 1983 р.

Дата початку підйому рівнів води	Дата з поправкою на час добігання	Температура повітря за даними опорної станції, $\theta_{on}, ^\circ\text{C}$	Висота снігової лінії, $H_{сл}, \text{м}$
23.03	22.03	8.0	1218
1.04	31.03	9.3	1434
12.04	11.04	12.1	1901
15.04	14.04	15.5	2468
26.05	25.05	19.9	3201
17.06	16.06	21.6	3484
3.07	2.07	22.2	3584
10.07	9.07	24.3	3934

5. Визначається дата закінчення танення снігу у гірському басейні (за відсутності льодовиків), тобто висота підйому снігової лінії до найвищих відміток басейну. Ця дата встановлюється як день, починаючи з якого зв'язок між ходом температури повітря і рівнів води порушується, тобто при подальшому рості температури повітря рівні води починають знижуватися. У 1983 році дата сходу снігового покриву в басейні прийнята 10 липня.

6. Будується графік зміни висоти сезонної снігової лінії у 1983 році (рис.4.2).

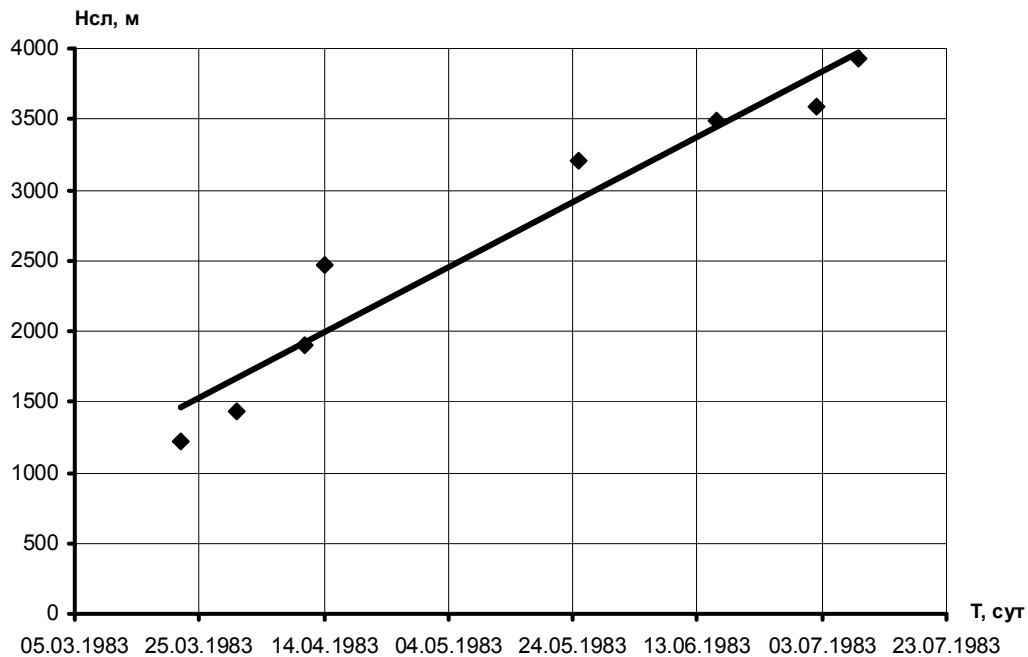


Рисунок 4.2 – Зміна висоти сезонної снігової лінії в басейні р. Арагві в 1983 році

#### 4.2 Приклад 2 - Прогноз стоку р. Арагві у с. Жинвані за квітень (перший місяць водопілля)

**Завдання:** Розрахувати об'єми поталої води, скласти та оцінити прогноз стоку р. Арагві - с. Жинвані у квітні 1977 р.

**Дано:** 1) Сума позитивних температур повітря у квітні 1977 р. на висоті опорної станції Душеті в зоні 500-1000 м ( $(\sum_{1}^{30} \theta_{04})_{оп}$ ).

- 2) Наявність снігового покриву в зоні 500-1000 м.
- 3) Градієнт температури повітря дорівнює  $0,6 \text{ }^{\circ}\text{C}/100 \text{ м}$ .
- 4) Коефіцієнт танення снігу прийнятий рівним  $k_T=2 \text{ мм}/^{\circ}\text{C}$  на добу.
- 5) Коефіцієнт стоку для квітня дорівнює  $\eta=0.5$ .
- 6) Гіпсографічна крива басейну р. Арагві (рис.4.3).

7) Площа водозбору р. Арагві - с. Жинвані  $F=1920 \text{ км}^2$ .

8) Допустима похибка перевірних прогнозів середньомісячних витрат води у квітні складає  $32 \text{ м}^3/\text{с}$ .

**Рішення:** 1. Стік першого місяця водопілля у басейні гірської річці формується за рахунок лише часткового танення снігу у нижніх висотних зонах, і тому сумарний стік за місяць буде визначатися не загальним запасом снігу на басейні, а тільки його частиною. Останній визначається припливом тепла (сумою позитивних температур повітря) у квітні.

2. Для прогнозу стоку р. Арагві у с. Жинвані за квітень використовується залежність вигляду:

$$\bar{Q}_{04} = f(A_{04}), \quad (4.2)$$

де  $\bar{Q}_{04}$  - середньомісячна витрата води у квітні,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$A_{04}$  - об'єм поталої води (мм), який формує стік квітня

$$A_{04} = (x_1 f_1 + x_2 f_2 + \dots + x_m f_m) \cdot \eta, \quad (4.3)$$

де  $x_1, \dots, x_m$  - об'єм поталої води по висотних зонах (мм), який визначається за формулою

$$x_i = k_T \left( \sum_1^{30} \theta_{04} \right)_j, \quad (4.4)$$

$k_T$  - коефіцієнт танення,  $\text{мм}/^\circ\text{C}$  на добу;

$\left( \sum_1^{30} \theta_{04} \right)_j$  - розрахункова сума позитивних температур повітря ( $^\circ\text{C}$ ) у

квітні на висоті  $j$ -ої зони

$$\left( \sum_1^{30} \theta_{04} \right)_j = \left( \sum_1^{30} \theta_{04} \right)_{on} - \gamma_\theta \frac{H - H_{on}}{100}, \quad (4.5)$$

$\left( \sum_1^{30} \theta_{04} \right)_{on}$  - сума позитивних температур повітря у квітні на висоті

опорної станції Душеті в зоні 500-1000 м,  $^\circ\text{C}$ ;

$(H - H_{on})$  - різниця висот розрахункової і опорної станцій, м;

$\gamma_\theta$  - градієнт температури повітря,  $^\circ\text{C}/100 \text{ м}$ ;

$f_1, \dots, f_m$  - площі висотних зон в долях від площі всього басейну, які визначаються за гіпсографічною кривою басейну р. Арагві (див. рис.4.3);

$m$  - кількість висотних зон (частіше висота зони приймається рівною 500 м).

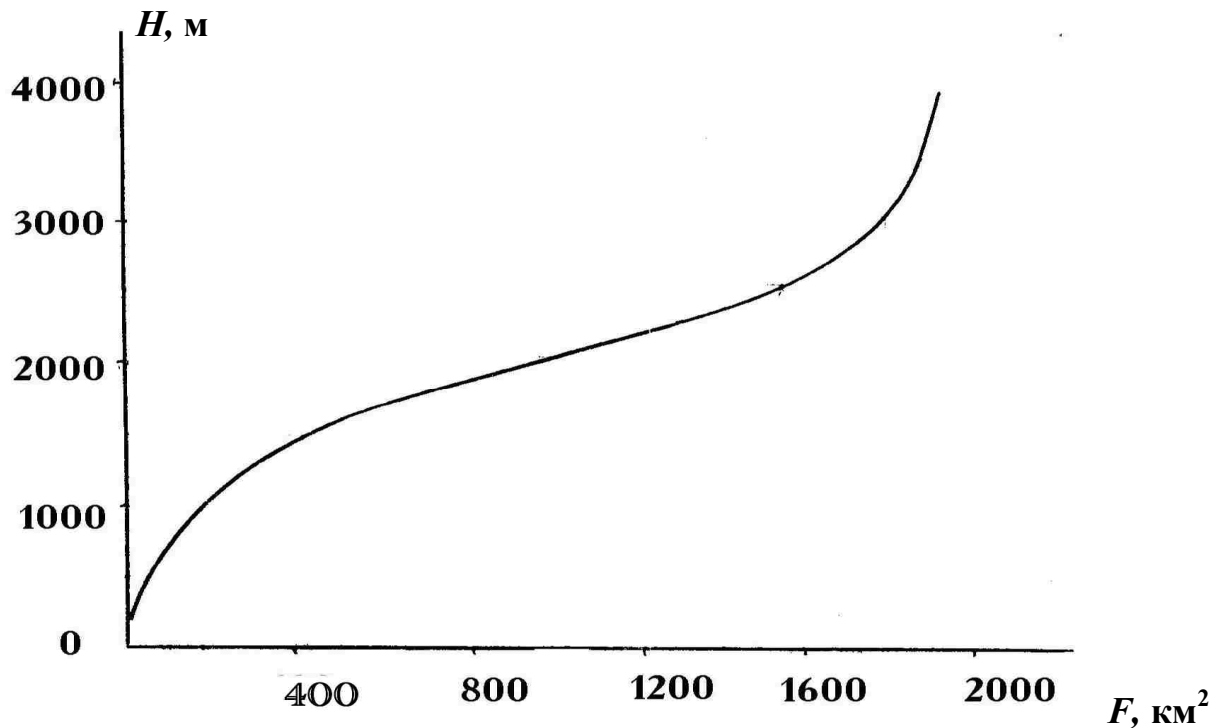


Рисунок 4.3 – Гіпсографічна крива басейну р. Арагві

Розрахунки об'єму поталих вод, які формують стік квітня 1977 р. на р.Арагві у с.Жинвані надані у табл.4.3.

3. Прогноз середньомісячних витрат води  $\bar{Q}_{04}$  виконується по залежності (4.2), яка показана на рис.4.4.

4. Здійснюється оцінка прогнозу у відповідності з допустимою похибкою (див. табл.4.3).

Таблиця 4.3 - Прогноз стоку у квітні на р.Арагві у с.Жинвані у 1977р.

Наявність снігового покриву на висоті 500- 1000м	Висотні зони, м									
	500-1000			1000-1500			1500-2000			...
	$30$ $(\sum \theta_{04})_{on}$ 1	$x_1$	$x_1 f_1$	$30$ $\sum \theta_{04}$ 1	$x_2$	$x_2 f_2$	$30$ $\sum \theta_{04}$ 1	$x_3$	$x_3 f_3$	...
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ε	270	520	35,4	180	360	45.0	90	180	75.1	...

Продовження табл.4.3

$n$ $\sum_{j=1} x_j f_j$	$A_{04}$ , мм	$\bar{Q}_{04}$ , м³/с	$\bar{Q}_{04}'$ , м³/с	$\Delta = \bar{Q}_{04} - \bar{Q}_{04}'$ , м³/с	$\delta_{доп}$ , м³/с	$\Delta / \delta_{доп}$	Оцінка прогнозу
12	13	14	15	16	17	18	19
156	77.8	139	125	14	32	0.44	добрий

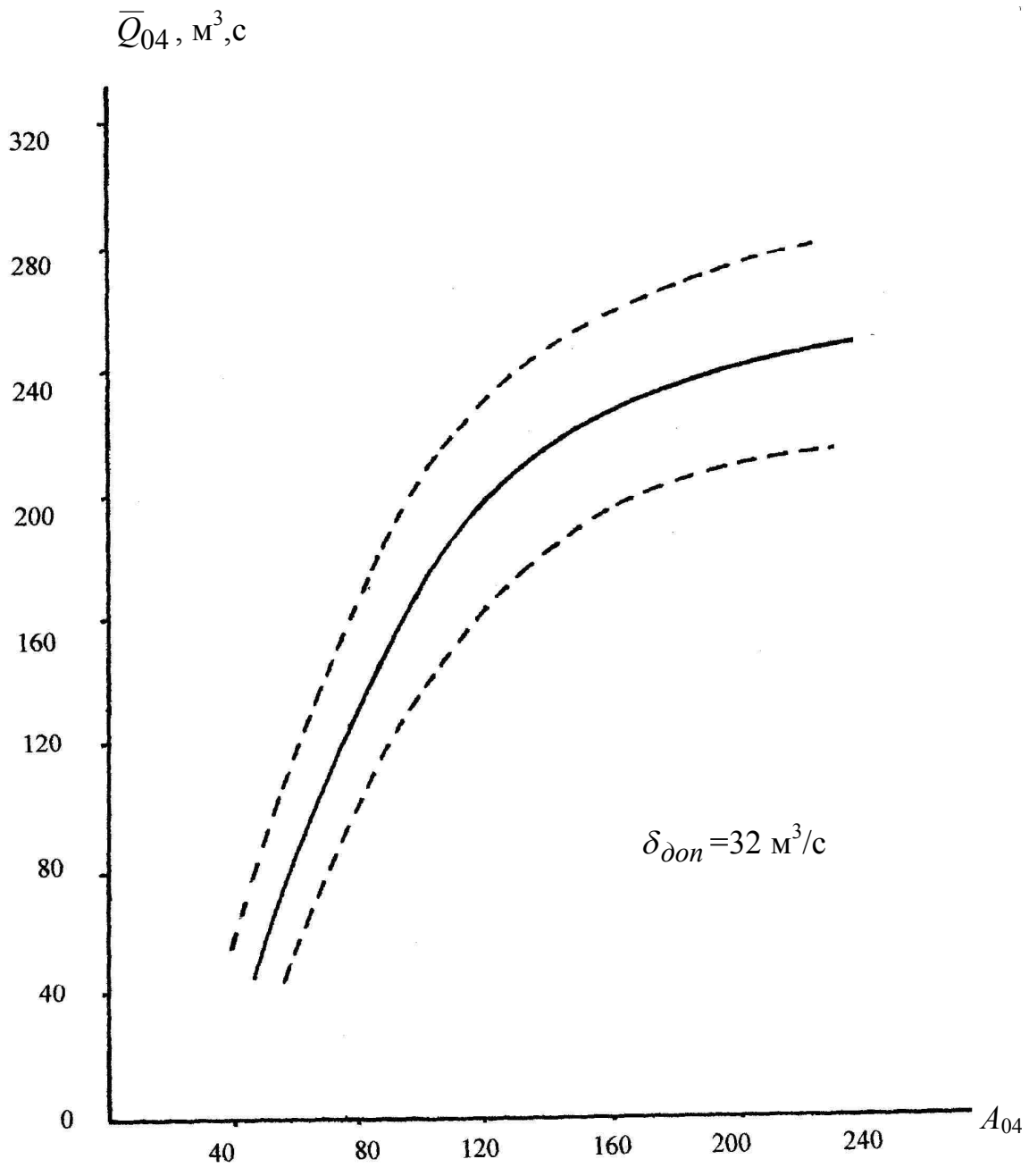


Рисунок 4.4 – Залежність середньої витрати води  $\bar{Q}_{04} = f(A_{04})$   
р.Арагві-с.Жинвані



### 4.3 Приклад 3 - Прогноз стоку р. Інгурі у с. Джварі за травень (другий місяць водопілля)

**Завдання:** Розрахувати середні снігозапаси по басейну, скласти та оцінити прогноз стоку р. Інгурі -с. Джварі у травні 1977 р.

**Дано:** 1)Середньомісячна температура повітря на висоті станції Мамісон (H=2800 м) у травні 1977 р.

2)Висота снігу на станціях Хаіши (H=720 м), Местіа (H=1420 м), Корулдаш (H=1920 м), Мамісон.

3)Гіпсографічна крива в басейні р. Інгурі.

4)Площа водозбору р. Інгурі – с. Джварі  $F=4060 \text{ км}^2$ .

5)Допустима похибка перевірних прогнозів середньомісячних витрат води у травні складає  $54.5 \text{ м}^3/\text{с}$ .

**Рішення:** 1. Формування стоку у травні (другому місяці водопілля) в басейні р. Інгурі відбувається за рахунок танення снігу у зонах вище 1500м. В травні тануть снігозапаси, які залишились у зоні 1500-2000 м. В зонах вище 2000 м об'єм талої води визначається притокою тепла к цим зонам.

Однак, у методиці прогнозу стоку в травні кількість запасів вологи на басейні на початок розрахункового періоду оцінюється загальними снігозапасами у висотних зонах. В якості третьої змінної прийнятий приток тепла у травні – середня місячна температура повітря по станції Мамісонський перевал (Мамісон).

2. Прогнозна залежність має вигляд

$$\bar{Q}_{05} = f(\bar{S}, \bar{\theta}_{05}), \quad (4.6)$$

де  $\bar{Q}_{05}$  - середньомісячна витрата води у травні,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$\bar{\theta}_{05}$  - середня місячна температура повітря у травні,  $^{\circ}\text{C}$ .

Запас води в сніговому покриві на басейні  $\bar{S}$  розраховується як середньозважена по висотних зонах величина:

$$\bar{S} = S_1 f_1 + S_2 f_2 + \dots + S_m f_m, \quad (4.7)$$

де  $f_1, \dots, f_m$  – площі висотних зон ( $i=1, \dots, n$ ) в долях від загальної площі басейну, які визначаються за гіпсографічною кривою басейну р. Інгурі (рис.4.5);

$S_1, \dots, S_m$  – максимальні снігозапаси по станціях Хаіши, Местіа, Корулдаш, Мамісон;

$m$  – кількість висотних зон.

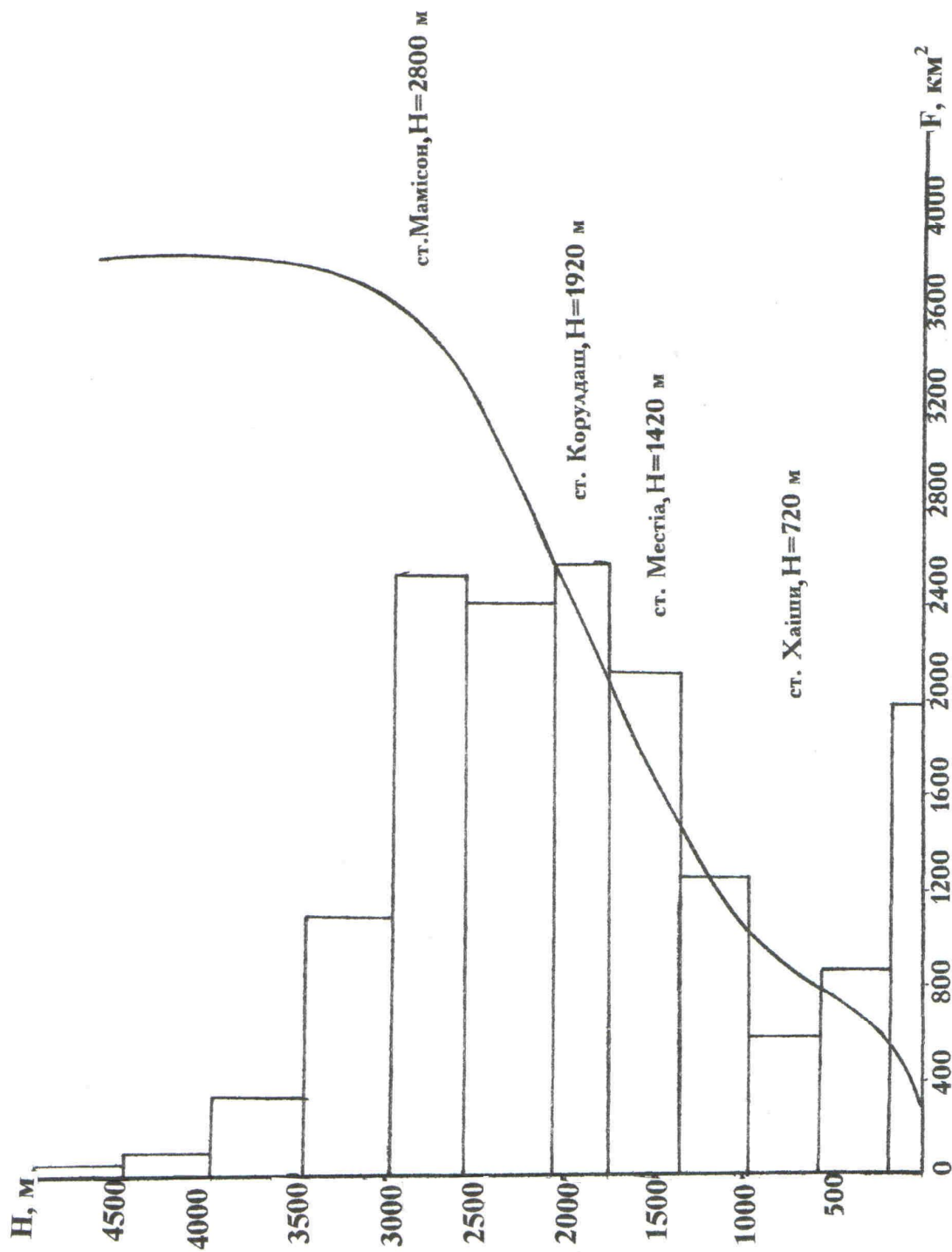


Рисунок 4.5 – Гіпсографічна крива р. Інгурі

Запаси води в сніговому покриві по станціях визначаються за формулою Цомак:

$$S = h\rho = h \left( 0.271 - \frac{0.0005h^2 - 6}{h + 22} \right), \quad (4.8)$$

де  $h$  – максимальна висота снігу, см;  
 $\rho$  - щільність снігу, г/см<sup>3</sup>, яку можна визначити за номограмою формули (4.8) – рис.4.6.

Розрахунок максимальних снігозапасів у басейні р. Інгури – с. Джварі у 1977 році показаний у табл.4.4.

Таблиця 4.4 – Прогноз стоку р. Інгури – с. Джварі у травні 1977 р.

Мамісон $\bar{\theta}_{05},$ °C	Хаіши, $f_1=...$				Местія, $f_2=...$				Курулдаш, $f_3=...$			
	$h_1$	$\rho_1$	$S_1$	$f_1S_1$	$h_2$	$\rho_2$	$S_2$	$f_2S_2$	$h_3$	$\rho_3$	$S_3$	$f_3S_3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
-0.7	26	0.13	5.58	0.33	42	0.18	8.64	1.9	211	0.33	69.6	18.8

Продовження табл.4.4

Мамісон, $f_4=...$				Запас води в сніговому покриві $\bar{S} = \sum_{j=1}^m S_j f_j$	$\bar{Q}_{05},$ м <sup>3</sup> /с	$\bar{Q}'_{05},$ м <sup>3</sup> /с	$\Delta = \bar{Q}_{05} - \bar{Q}'_{05},$ м <sup>3</sup> /с	$\delta_{доп},$ м <sup>3</sup> /с	$\Delta/\delta_{доп}$	Оцінка прогнозу
$h_4$	$\rho_4$	$S_4$	$f_4S_4$							
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
78	0.23	17.9	3.75	24.8	217	210	7	54.5	0.13	відмінний

3. Прогноз середньомісячних витрат води  $\bar{Q}_{05}$  виконується за залежністю (4.6), яка показана на рис.4.7.

4. Здійснюється оцінка прогнозу у відповідності до допустимої похибки (див. табл.4.4).

Вихідні дані для виконання практичних завдань надані у додатках А і Б.

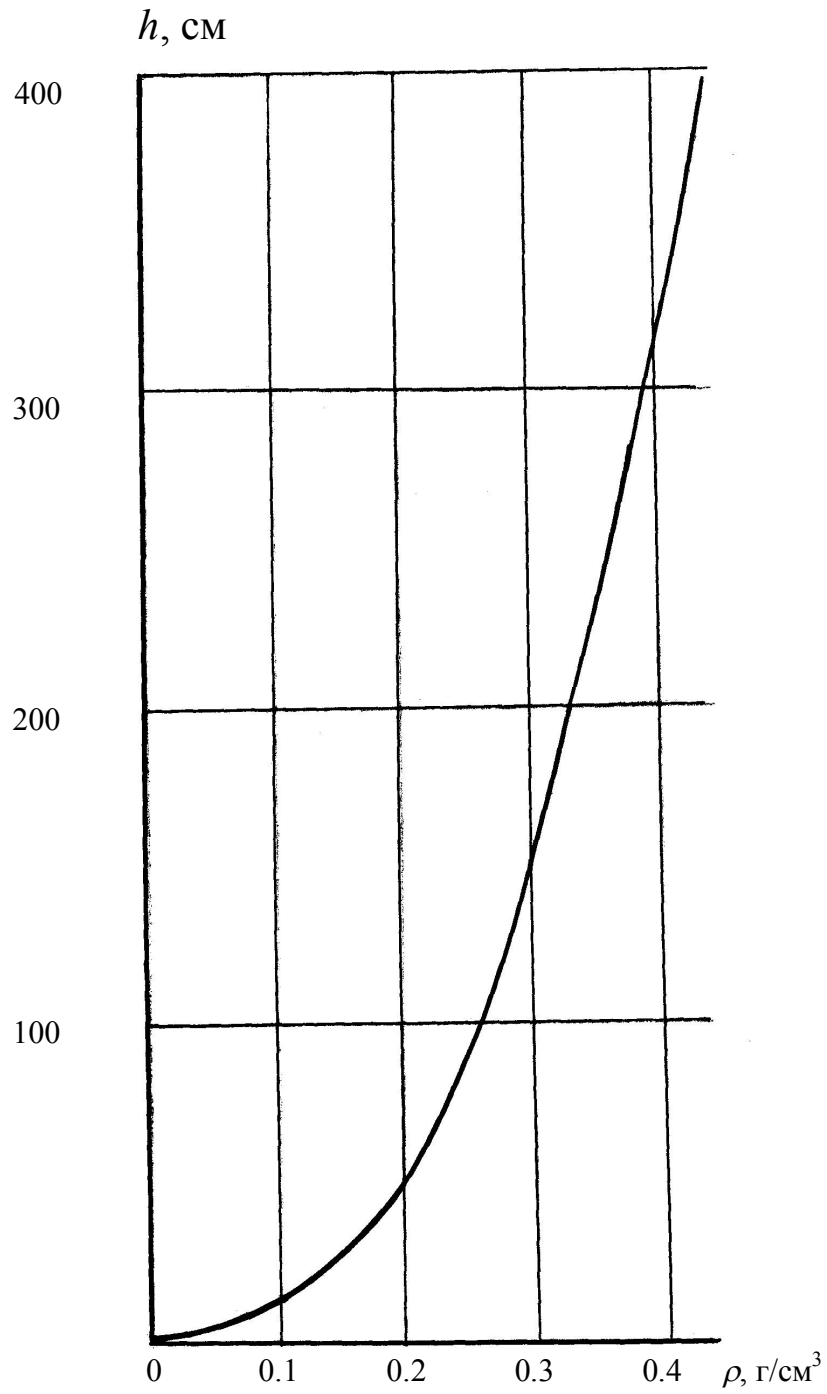


Рисунок 4.6 – Залежність щільності снігу ( $\rho$ ) від висоти снігу ( $h$ )

$$\rho = 0.271 - \frac{0.0005 \cdot h^2 - 6}{h + 22}$$

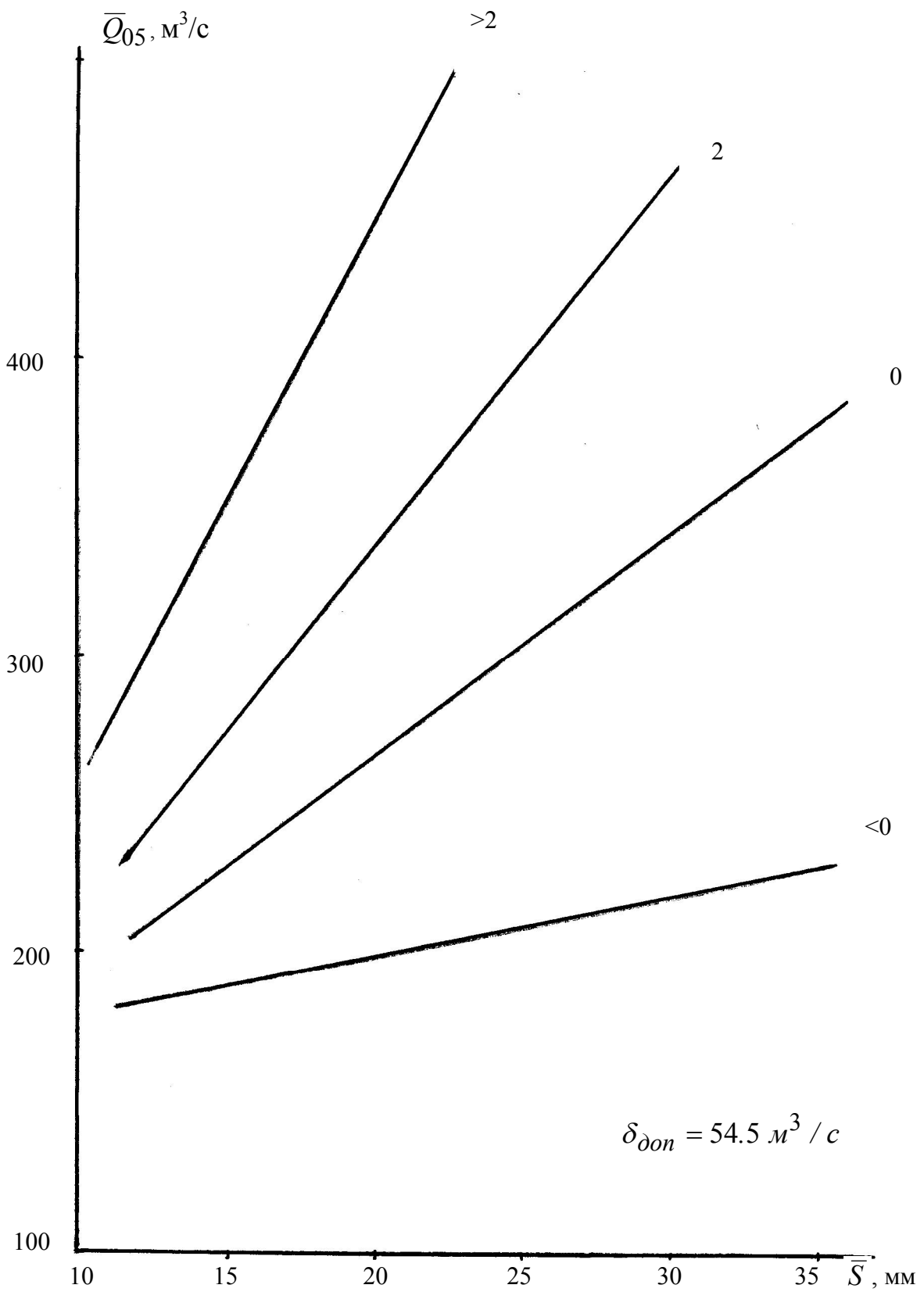


Рисунок 4.7 – Залежність  $\bar{Q}_{05} = f(\bar{S}, \bar{\theta}_{05})$   
р. Інгурі – с. Джварі ( $\bar{\theta}_{05}$  по ст. Мамі сон)

## Додаток А

Вихідні дані для прогнозу стоку за квітень р.Арагві-с.Жинвані,  
 $F=1920 \text{ км}^2$

Роки	Сума температур повітря, $\sum_{1}^{30} \theta_{04} , ^\circ\text{C}$	Наявність снігового покриву на висоті 500-1000 м	Витрата води, $\bar{Q}_{04} , \text{ м}^3/\text{с}$
1978	340	є	202
1979	350	є	180
1980	410	немає	234
1981	300	є	146
1982	280	є	121
1983	360	є	181
1984	350	немає	163
1985	297	є	166
1986	309	є	106
1987	297	є	96
1988	450	є	240
1989	410	є	228
1990	360	є	201
1991	300	є	176

Примітка:  $\sum_{1}^{30} \theta_{04}$  дана на висоті 500-1000 м.

Додаток Б

Вихідні дані для прогнозу стоку за травень р. Інгури-с.Джварі,  $F=4060 \text{ км}^2$

Роки	Температура повітря, ст. Мамісон, $\theta_{05} \text{ }^\circ\text{C}$	Витрата води, с. Джварі, $\bar{Q}_{05}, \text{ м}^3/\text{с}$	Висота снігу на станції, $h, \text{ см}$			
			Хаіши	Местія	Корулдаш	Мамісон
1979	1.3	281	62	66	124	45
1980	-0.6	146	3	36	162	48
82	1.2	259	26	60	165	50
83	1.4	385	58	89	198	41
84	2.5	415	58	99	112	43
85	-0.8	241	75	43	191	57
86	1.2	273	22	97	116	94
87	1.7	317	46	71	174	45
88	2.4	374	68	62	132	34
89	1.2	278	57	64	102	93
1990	1.3	278	43	97	39	75
91	2.5	251	54	80	89	55
92	1.6	307	56	64	109	64
93	-0.6	390	39	93	217	72
94	-0.1	259	40	59	103	86
95	0.9	301	34	66	277	90
96	1.0	283	29	56	162	92
97	1.4	225	34	48	88	47
1998	2.4	406	74	93	178	159

## Перелік навчальної літератури

1. Апполов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д. Курс гидрологических прогнозов. Прогнозы весенне-летнего половодья горных рек: Учебник. - Л.: Гидрометеиздат, 1974. – С. 246 -290 с.

2. Бефани Н.Ф., Калинин Г.П. Упражнения и методические разработки по гидрологическим прогнозам. Прогнозы весенне-летнего половодья горных рек : Учебное пособие. - Л.: Гидрометеиздат, 1983. - С. 185-239.

3. Лобода Н.С. Гідрологічні прогнози (конспект лекцій). – Одеса – 2003. – С.100-108.

4. Руководство по гидрологическим прогнозам. Долгосрочные прогнозы элементов водного режима рек и водохранилищ. – Л.: Гидрометеиздат. – Вып. 1. – 1989. – С.229-306.



З Б І Р Н И К  
МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК  
до практичних занять  
з д и с ц и п л і н и  
«Гідрологічні прогнози»

Укладачі: д.г.н., проф. Лобода Н.С.  
к.г.н., доц. Шакірманова Ж.Р.

Підп. до друку 07.0.05    Формат 60x84/16    Папір офс.  
Умовн. друк. арк.. 2.1    Тираж 100    Зам.№

Надруковано з готового оригінал-макета

---

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

---