

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ
З КУРСУ
“ГІДРОЛОГІЧНІ ПРОГНОЗИ”**

**Київ
Видавничо-поліграфічний центр
“Київський університет”
2003**

**Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсу “Гідрологічні прогнози”/ Упорядник
О.І.Лук’янець. – К.: ВПЦ “Київський університет”, 2003. - 25 с.**

**Рецензенти: В.В.Гребінь, канд. геогр. наук
М.М.Сосєдко, канд. геогр. наук**

**Затверджено вченою радою
географічного факультету**

ЗМІСТ

ВСТУП	4
ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ 1. Опрацювання методик прогнозування за відповідними рівнями/витратами води на малоприточних річкових ділянках і з урахуванням бокового припливу.....	5
ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ 2. Побудова кривих спаду паводків і повеней та їх використання для прогнозування стоку води.....	9
ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ 3. Розрахунок гідрографа під час дощового паводку за функціями впливу.....	14
ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ 4. Розроблення методики прогнозування весняного стоку та максимальної витрати води фізико-статистичним методом.....	16
ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ 5. Застосування математичної моделі для прогнозування перебігу стоку під час дощових паводків на гірських річках.....	20
ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ 6. Застосування математичної моделі для прогнозування перебігу стоку під час сніго-дощових паводків на гірських річках	21
ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ 7. Застосування математичної моделі для довготермінового прогнозування характеристик весняного стоку на річках рівнинної території України за допомогою автоматизованого комплексу.....	22
ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ 8. Басейнова прогностична система для прогнозування перебігу стоку під час паводків.....	24

ВСТУП

Ефективне використання водних ресурсів, запобігання чи зменшення збитків від стихійних гідрологічних явищ значною мірою залежать від завчасного інформування про режим водних об'єктів і попередження про загрозу виникнення небезпеки. До вирішення цієї проблеми спрямована діяльність служби гідрологічного прогнозування та оповіщення.

Потребу в гідрологічних прогнозах відчувають усі галузі господарства. Для експлуатації водогосподарських споруд і систем така інформація є постійною. Ефективне регулювання стоку води водосховищами неможливо забезпечити без знання припливу до них на певний час. Планування роботи гідровузлів, водного транспорту здійснюється з урахуванням прогнозів витрат і рівнів води. Під час повеней і паводків завжди створюється загроза лініям транспорту та зв'язку, населеним пунктам і господарським спорудам. Тому завчасне попередження про очікуване підвищення рівнів води дозволяє вжити заходи, щоб уникнути збитків від стихії.

Гідрологічні прогнози – це науково обгрунтоване передбачення з певною завчасністю очікуваного гідрологічного режиму водних об'єктів, яке ґрунтується на знанні закономірностей розвитку гідрометеорологічних процесів на певній території.

До головного завдання гідрологічного прогнозування, як наукової дисципліни, відноситься опрацювання методів і методик передбачення стоку води, витрат і рівнів річок, льодових явищ на річках, озерах і водосховищах.

Вивченням цих явищ займається взагалі дисципліна “Гідрологія суші”. Проте, фахівці, які працюють у галузі гідрологічних прогнозів, приділяють значну увагу вивченню закономірностей і процесів формування стоку води та інших явищ, включно з теоретичним аналізом і організацією цілеспрямованих спостережень. Таким чином багато зроблено стосовно вирішення проблеми формування паводків і повеней, вивчення процесів сніготанення, водовіддавання снігового покриву, затримання води на водозборі.

Слід розрізнити поняття “метод” і “методика”.

Метод гідрологічного прогнозування – це загальний науково обгрунтований підхід до передбачення певного гідрологічного явища. А методика – безпосередній засіб передбачення, розроблений для конкретного водного об'єкта на підставі загального метода. В останній час широко вживаються поняття “прогностична гідрологічна система” або “басейнова прогностична система”. При цьому мається на увазі комплекс взаємопов'язаних методик прогнозування, опрацьованих для річкового басейну чи декількох суміжних басейнів, що діють у спільному технологічному середовищі.

За явищами, які передбачаються, прогнози можна поділити на дві великі групи:

а) прогнози водного режиму; до них відносяться

- прогнози об'єму стоку води, середніх витрат за певні періоди (сезони), екстремальних значень витрат/рівнів води;
- прогнози перебігу стоку, тобто послідовності зміни витрат/рівнів води на період завчасності через певні часові проміжки;

б) прогнози льодових явищ (поява льоду на водоймах, замерзання річок і водосховищ, наростання товщини льоду, скресання річок, тощо).

Для вирішення практичних завдань з гідрологічного прогнозування з успіхом застосовується математичне моделювання процесів формування стоку води, яке на цей час є пріоритетним напрямом у розвитку теоретичної та прикладної гідрології.

Ці методичні вказівки спрямовані на те, щоб забезпечити більш повне засвоєння студентами курсу “Гідрологічні прогнози” та опанування деяких навичок у розробленні прогностичних методик і математичному моделюванні паводків і повеней.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 1

ОПРАЦЮВАННЯ МЕТОДИК ПРОГНОЗУВАННЯ ЗА ВІДПОВІДНИМИ РІВНЯМИ/ВИТРАТАМИ ВОДИ НА МАЛОПРИТОЧНИХ РІЧКОВИХ ДІЛЯНКАХ І З УРАХУВАННЯМ БОКОВОГО ПРИПЛИВУ

Малоприоточні річкові ділянки (Завдання 1.1) та річкові ділянки з урахуванням бокового припливу (Завдання 1.2), для яких здійснюється опрацювання методик, визначає викладач.

Завдання 1.1

(1) Вибираємо дані про рівні/витрати води на визначеній річковій ділянці (верхній і нижній пости) за декілька років різної водності – високої, середньої, низької.

(2) Будуємо суміщені графіки коливання рівнів/витрат води у верхньому та нижньому створах річкової ділянки.

(3) Визначаємо час добігання води за характерними точками. З цією метою будується графік залежності часу добігання τ від рівнів/витрат води верхнього поста, наприклад (рис.1.1).

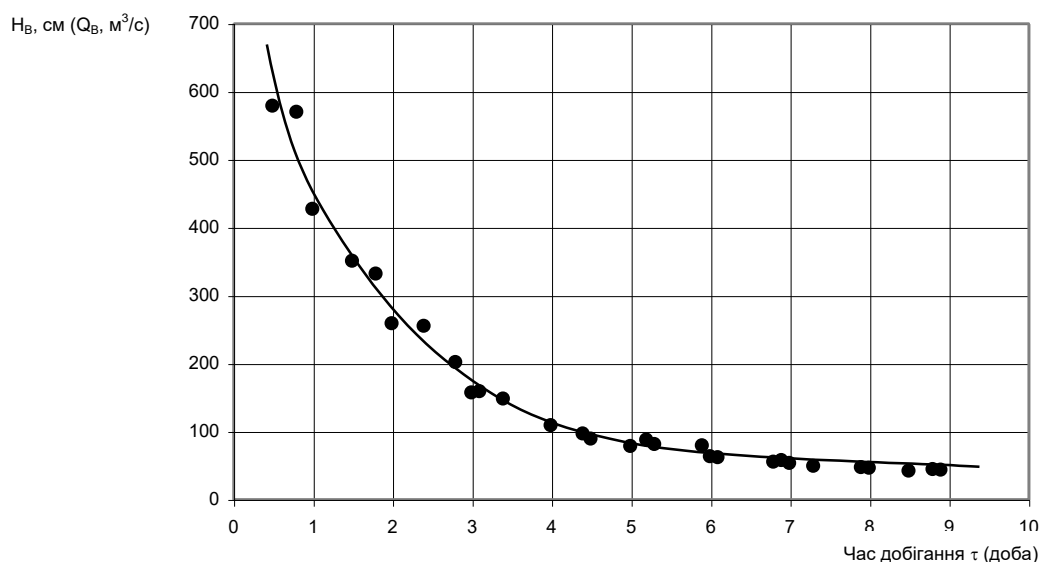


Рис.1.1 Залежність часу добігання τ від рівнів H або витрат Q води

Якщо час добігання змінюється в залежності від рівня/ витрати води, потрібно визначити його для окремих діапазонів його/її в межах багаторічного коливання.

Якщо залежність часу добігання на графіку змінилася з якогось року, то можливо це пов'язано зі зміною нулів відліку постів. Потрібно ув'язати дані, враховуючи цю обставину.

(4) Вибираємо відповідні рівні/витрати води верхнього та нижнього постів на ділянці з урахуванням часу добігання (табл.1.1).

Таблиця 1.1 – Відповідні рівні води верхнього та нижнього постів на річковій ділянці

№№ за порядком	Верхній пост		Нижній пост	
	Рівень(см) або витрати води (m^3/c)	Дата	Рівень(см) або витрати води (m^3/c)	Дата

(5) За вибраними даними будемо графік залежності рівнів/витрат води нижнього поста від відповідних рівнів/витрат води верхнього поста (рис.1.2), тобто

$$\begin{aligned} H_H(t+\tau) &= f_1(H_B(t)) \\ \text{або} \quad Q_H(t+\tau) &= f_2(Q_B(t)). \end{aligned} \quad (1.1)$$

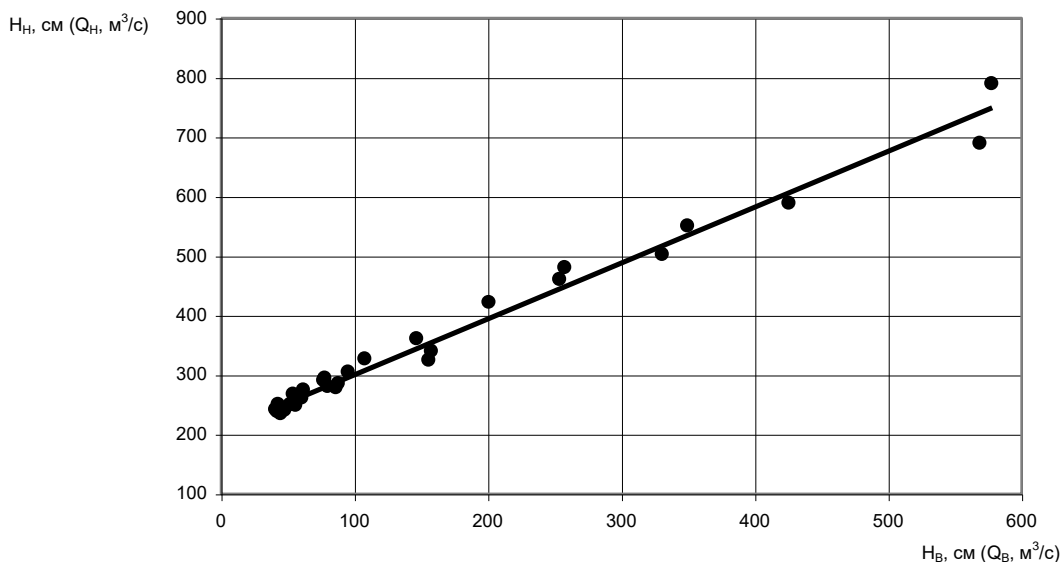


Рис.1.2 Залежність рівнів води нижнього створу (H_H) від рівнів верхнього створу (H_B)

Ця залежність подається лінійним рівнянням

$$\begin{aligned} H_H(t+\tau) &= a_1(H_B(t)) + b_1 \\ \text{або} \quad Q_H(t+\tau) &= a_2(Q_B(t)) + b_2, \end{aligned} \quad (1.2)$$

де a_1, b_1 і a_2, b_2 – параметри, τ – час добігання.

(6) У тому випадку, якщо залежність (1.1) нелінійна, можна:

- побудувати залежності для декількох діапазонів рівнів чи витрат води і для них визначити рівняння;
- користуватися при прогнозуванні графіком.

(7) Рівняння (1.2) чи декілька аналогічних рівнянь, якщо залежність нелінійна, являють собою методику прогнозування рівнів/витрат води у нижньому створі річкової ділянки із визначеною завчасністю.

Для оцінювання якості методики складаються перевірні прогнози та вичисляються:

- середні квадратичні відхилення σ_Δ рівнів/витрат води нижнього поста за період завчасності;
- допустимі похибки прогнозів

$$\varepsilon = 0.674\sigma_\Delta;$$

- середні квадратичні похибки перевірних прогнозів \bar{S} ;
- показники якості методики у вигляді відношення \bar{S}/σ_Δ та ймовірності перевищення допустимої похибки (в %).

Якщо показники якості методики прогнозування відповідають критеріям, установленим у прогностичній службі, вона вважається ефективною та прийнятною для використання в оперативній практиці.

Увага! Досвід розроблення прогностичних методик свідчить, що в більшості випадків кращі результати відносно стабільності та точності побудови залежностей можна отримати при використанні даних про витрати, а не рівні води.

Завдання 1.2

(1) Вибираємо дані про рівні/витрати води на визначеній річковій ділянці за декілька років різної водності (високої, середньої, низької) з урахуванням можливості оцінювання проміжної приточності. Це може бути 2-3 верхніх пости. Наприклад, один пост на основній річці, а решта на притоках. Останні визначають проміжну приточність на ділянці, яка впливає на хід стоку (рівні/витрати) у нижньому створі.

(2) Може бути також доцільним використати для оцінювання надходження води на річкову ділянку суму витрат двох верхніх створів – одного на основній річці та одного на притоці зі значною водністю, якщо час добігання від кожного з цих створів до нижнього приблизно однаковий.

(3) Будуємо суміщені графіки коливання рівнів/витрат води всіх задіяних постів. Аналіз їх дозволяє оцінити за характерними точками перебігу стоку час добігання до нижнього створу з найбільших за водністю річок.

(4) На основі результатів аналізу будуємо графік залежності часу добігання τ від рівнів/ витрат води одного із верхніх створів, наприклад

$$\tau = f_1(H_B), \quad \tau = f_2(Q_B).$$

Якщо час добігання змінюється в залежності від рівня/ витрат води, потрібно визначити його для окремих діапазонів його/її в межах багаторічного коливання.

Потрібно при цьому звернути увагу, що на деяких постах змінювалися їхні нулі відліку, внаслідок чого рівні води за окремі роки не зіставляються. А тому на залежностях вирисовуються різні криві. Потрібно здійснити ув'язку даних, враховуючи цю обставину.

(5) Вибираємо відповідні рівні/витрати води верхніх та нижнього постів на основній річці з урахуванням часу добігання. При цьому слід орієнтуватися в першу чергу на верхні пости зі значною водністю (табл.1.2).

Таблиця 1.2 – Відповідні рівні (або витрати) води верхнього, нижнього постів і поста, який характеризує проміжну приточність

№№ за порядком	Верхній пост на основній річці		Нижній пост на основній річці		Пост проміжної Приточності	
	Рівень (см) або витрата води (м ³ /с)	Дата	Рівень (см) або витрата води (м ³ /с)	Дата	Рівень (см) або витрата води (м ³ /с)	Дата

(6) За вибраними даними будуємо графік залежності рівнів/витрат води нижнього поста від рівнів/витрат верхнього поста із зазначенням відповідних величин поста, який визначає проміжну приточність. Така залежність може мати, наприклад, наступний вигляд (рис.1.3).

Тобто, будемо мати залежності типу

$$H_H(t+\tau)=f_1[H_B(t), H_{ПР}(t)]$$

або $Q_H(t+\tau)=f_2[Q_B(t), Q_{ПР}(t)].$ (1.3)

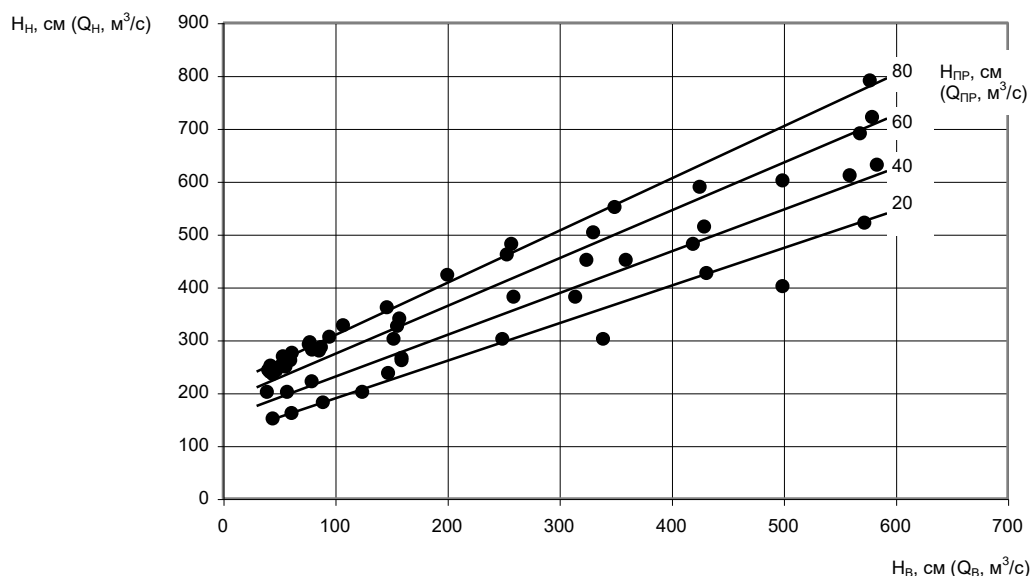


Рис.1.3 Залежність рівнів води нижнього створу (H_H) від рівнів верхнього створу (H_B) з урахуванням рівнів поста, за даними якого оцінюється проміжна приточність

Якщо можливо використати суму витрат верхніх створів, отримуємо залежність

$$Q_H(t+\tau) = f_3[Q_B(t) + Q_{PP}(t)]. \quad (1.4)$$

Рівняння залежностей (1.3) і (1.4) матимуть наступний вигляд (у випадку їх лінійності):

$$\begin{aligned} H_H(t+\tau) &= a_1 H_B(t) + b_1 H_{PP}(t) + C_1, \\ Q_H(t+\tau) &= a_1 Q_B(t) + b_2 Q_{PP}(t) + C_2, \\ Q_H(t+\tau) &= a_3 [Q_B(t) + Q_{PP}(t)] + C_3, \end{aligned} \quad (1.5)$$

(7) Залежності типу (1.3) і (1.4) не завжди будуть лінійними. Тому після досконального аналізу поля точок на графіку або аналогічного визначення параметрів рівнянь трьох змінних, приймається рішення, яким чином слід використовувати ці залежності на практиці:

- у графічному вигляді;
- шляхом визначення рівнянь для декількох діапазонів коливання стоку – у вигляді кусочно-лінійної апроксимації.

(8) Рівняння (1.5) у вигляді лінійних чи кусочно-лінійних являють собою методику прогнозування рівнів/витрат води в нижньому створі річкової ділянки із визначеною завчасністю.

Для оцінювання якості методики складаються перевірні прогнози та вчисляються відповідні характеристики:

- середні квадратичні відхилення σ_Δ рівнів/витрат води нижнього поста за період завчасності;
- допустимі похибки прогнозів

$$\varepsilon = 0.674\sigma_\Delta;$$

- середні квадратичні похибки перевірних прогнозів \bar{S} ;
- показники якості методики у вигляді відношення \bar{S}/σ_Δ та ймовірності перевищення допустимої похибки (в %).

Якщо показники якості методики прогнозування відповідають критеріям, установленим у прогностичній службі, вона вважається ефективною та прийнятною для використання в оперативній практиці.

Увага! Досвід розроблення прогностичних методик свідчить, що особливо за трьох і більше змінних кращі результати відносно стабільності та точності залежностей можна отримати при використанні даних про витрати, а не рівні води.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 2

ПОБУДОВА КРИВИХ СПАДУ ПАВОДКІВ І ПОВЕНЕЙ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ СТОКУ ВОДИ

Шляхом побудови кривих спаду паводків/повеней обчислюються запаси води в русловій мережі. З цією метою використовуються дані про витрати води під час спаду, коли відсутній істотний стік з поверхні водозбору, а відбувається виснаження руслових запасів води:

$$W(t)/86400 = \sum_{t=1}^{t_{sp}} Q(t) \quad (2.1)$$

де $W(t)$ – об'єм запасів води в усій річковій мережі на добу t , рахуючи від початку спаду, м³;

t_{sp} - тривалість спаду (кількість діб);

$Q(t)$ – середня добова витрата за добу t (у замикальному створі), м³/с.

Якщо суму витрат води $Q(t)$ перемножити на кількість секунд у добі (тобто, 86400), отримаємо об'єм запасів води в м³.

Завдання 2.1.

Побудувати графік залежності запасів води в річковій мережі від витрат води у замикальному створі річки (за період спаду).

Дано: витрати води річки A біля пункту B за декілька років.

Рішення.

(а) Обчислюємо $W(t)/86400 = \sum_{t=1}^{t_{sp}} Q(t)$, починаючи з кінця спаду, наростаючим підсумком, як наприклад табл.2.1.

Таблиця 2.1 – Обчислення об'єму запасів води в річковій мережі

Дата	Витрати води (Q , м ³ /с)	$W(t)/86400$	Дата	Витрати води (Q , м ³ /с)	$W(t)/86400$
30.04	1100	5570	14.05	74,8	617
01.05	911	4470	15.05	66,5	542
02.05	726	3560	16.05	60,4	476
03.05	506	2840	...	...	...
04.05	349	2330	...	...	...
...
...
...	...	...	30.05	15,4	30,3
13.05	83,6	701	31.05	14,9	14,9

(б) Будуємо криву $W=f(Q)$ (рис2.1).

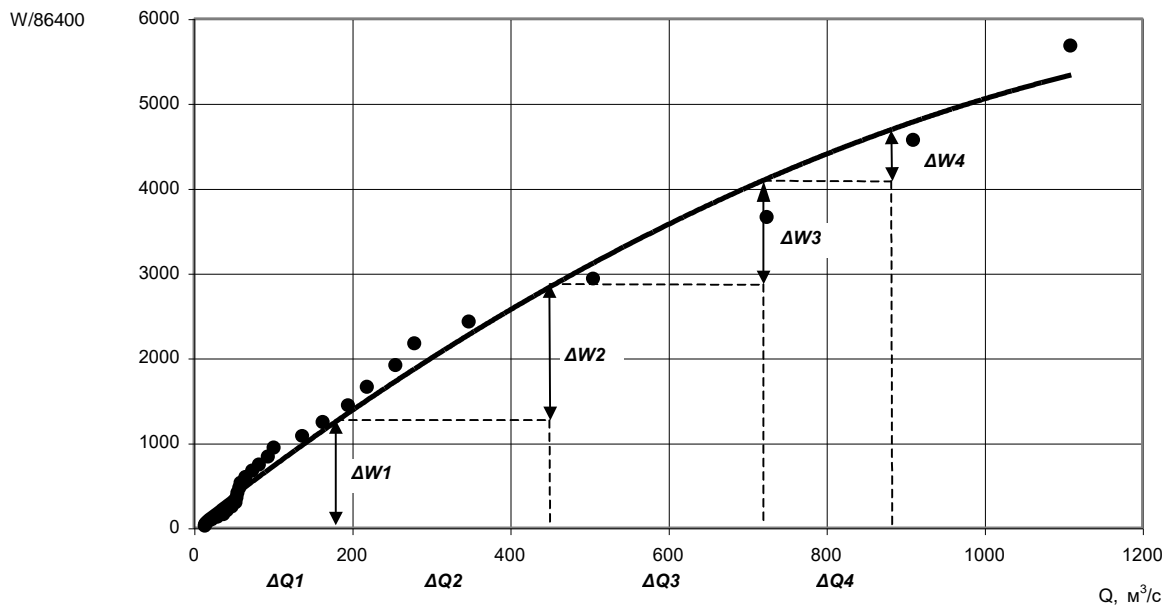


Рис.2.1 – Залежність об'єму води W в річковій мережі від витрат Q у замикальному створі

Завдання 2.2.

Побудувати графік залежності тривалості руслового добігання від витрат води.

Дано: витрати води в замикальному створі та графік $W=f(Q)$

Рішення.

(а) Використовуючи криву запасів води в русловій мережі, визначаємо час руслового добігання. Руслове добігання $\tau = \Delta W / \Delta Q$, тобто тангенс кута нахилу дотичної до кривої $W=f(Q)$ за даної витрати води Q . Розбиваємо криву $W=f(Q)$ на окремі відрізки, наближені до прямих. Для кожного інтервала визначаємо τ :

$$\begin{aligned} \tau_1 &= \Delta W_1 / \Delta Q_1 & \bar{Q}_1 &= (Q_2 + Q_1) / 2 \\ \tau_2 &= \Delta W_2 / \Delta Q_2 & \bar{Q}_2 &= (Q_3 + Q_2) / 2 \\ \tau_3 &= \Delta W_3 / \Delta Q_3 & \bar{Q}_3 &= (Q_4 + Q_3) / 2 \end{aligned}$$

(б) Якщо віднести отримані τ до середніх на відрізку витрат води \bar{Q} , то можна побудувати залежність $\tau=f(\bar{Q})$ (рис.2.2).

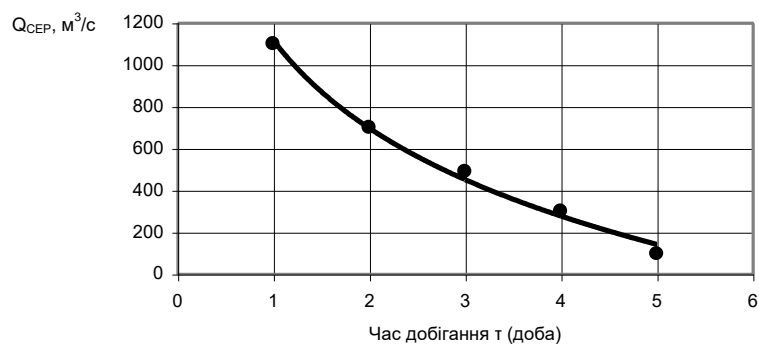


Рис.2.2 - Залежність часу добігання τ від середніх витрат води на річковій ділянці \bar{Q}

Завдання 2.3.

Побудувати криву спаду та залежність між витратами води на спаді паводку/повені.

Дано: витрати води в замикальному створі за декілька років (включно з самими високими паводками/повенями).

Рішення.

(а) Криву спаду для певного створу будуємо шляхом суміщення витрат води на спаді за декілька років, починаючи від помітного зниження витрат. Витрати води Q відображаються у відношенні до максимальної Q_{max} для кожного паводку/повені (табл.2.2)

$$KT(t) = Q(t)/Q_{max}, \quad (2.2)$$

де KT – відносні ординати кривої спаду.

Таблиця 2.2 – Визначення відносних ординат кривих спаду

№ дня від максимуму	Паводок 1		Паводок 2		Паводок 3 ...		Середня ордината
	$Q \text{ м}^3/\text{с}$	$Q(t)/Q_{max}$	$Q \text{ м}^3/\text{с}$	$Q(t)/Q_{max}$	$Q \text{ м}^3/\text{с}$	$Q(t)/Q_{max}$	
0	1000	1,00	500	1,00	...	...	1,00
1	950	0,75	470	0,74	...	...	0,73
2	830	0,60	430	0,46	...	...	0,55
3	740	0,48	360	0,32	...	...	0,43
...
...
10	210	0,12	120	0,07	...	...	0,08
...

За даними таблиці (2.2) будуємо узагальнену криву спаду (рис.2.3), як наближену середню між кривими спаду за окремі роки.

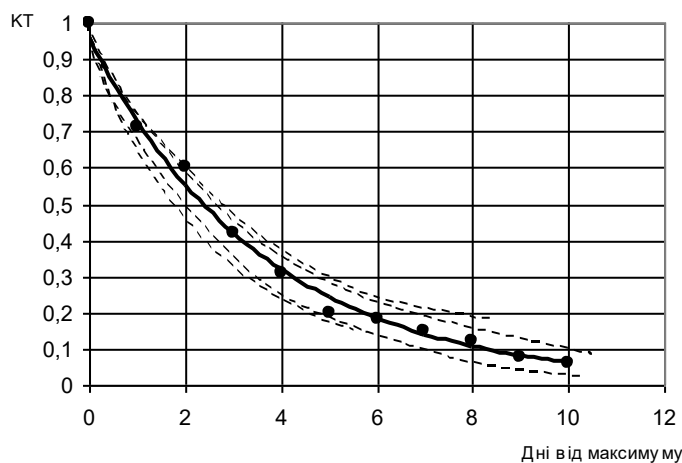


Рис.2.3 - Відносні ординати кривих спаду – за кожний паводок і середні

Простіше всього побудувати її за середніми ординатами (із таблиці 2.2)

(б) Побудувати графік залежності $Q(t+\Delta t)=f[Q(t)]$, тобто залежність наступної витрати води від попередньої.

При $\Delta t = 1$ доба, це буде залежність суміжних витрат на спаді паводка/повені у вигляді

$$Q(t+1)=f[Q(t)].$$

Така залежність – це перетворена крива спаду (рис.2.4)

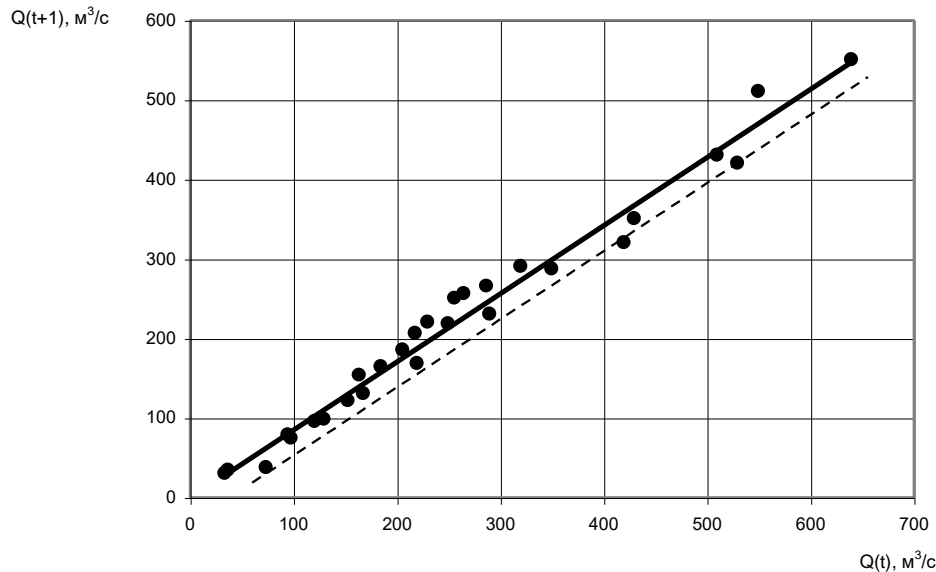


Рис.2.4 - Залежність суміжних витрат води – $Q(t+1)=f[Q(t)]$

(в) На графіку лінія зв'язку може бути проведена в двох варіантах:

- ✓ як середня в полі точок;
- ✓ як нижня обвідна.

У першому випадку крива залежності $Q(t+1)=f[Q(t)]$ враховує, крім виснаження руслових запасів води, також середній приплив води до руслової мережі з водозбору (наприклад, за рахунок дощів у проміжку часу між t і $(t+1)$).

У другому випадку крива залежності буде обумовлена лише виснаженням руслових запасів.

Якщо залежність $Q(t+1)=f[Q(t)]$ однозначна, вона може бути подана аналітично з параметром R

$$Q(t+\Delta t)=R^i Q(t), \quad i=1, N \quad (2.3)$$

де N – кількість розрахункових інтервалів;

Δt – розрахунковий інтервал (годин, діб).

У випадку зміни умов виснаження запасів води зі збільшенням витрат, цей процес буде описано декількома рівняннями, як наприклад:

$$Q(t+\Delta t)=\begin{cases} R_1^i Q(t), & Q(t) < 500, \\ R_2^i Q(t), & Q(t) \geq 500. \end{cases} \quad (2.4)$$

Завдання 2.4.

Розробити методику прогнозування стоку води на основі кривої спаду та залежності суміжних витрат на спаді паводку/повені.

(а) Методика прогнозування стоку води з використанням кривої спаду.

Дано: витрата води $Q(t)$, t -день від максимуму, крива спаду (ординати – KT).

Рішення.

Прогнозні витрати води будуть дорівнювати:

$$\text{На добу } t+1 \quad Q(t+1) = [Q(t)/KT(t)] \cdot KT(t+1). \quad (2.5)$$

$$\text{На добу } t+2 \quad Q(t+2) = [Q(t+1)/KT(t+1)] \cdot KT(t+2). \quad (2.6)$$

І так далі.

Якщо необхідно прогнозувати витрати води на N діб за відомої витрати $Q(t)$ у день t , рішення здійснюється по черзі (в циклі). Наприклад:

```
t=m
Q(t)=QA
Do i=1, N
Q(t+i)=Q(t+i-1)/KT(t+i-1)*KT(t+i)
ENDDO
```

Прогнозувати витрати води на декілька діб доцільно, якщо є впевненість, що в період завчасності не будуть випадати істотні дощі.

(б) Методика прогнозування стоку води з використанням залежності суміжних витрат

Дано: витрата води $Q(t)$ в день t , параметр R (або параметри R_1 і R_2).

Рішення.

Прогнозування витрат води може здійснюватися на кожен добу ($t+1$), ($t+2$), ..., або через декілька діб, використовуючи залежності (2.3) або (2.4).

Якщо необхідно прогнозувати витрати води на N діб, рішення може здійснюватися в двох варіантах

- по черзі (в циклі), як наприклад:

```
R1=C1           ! параметр R1
R2=C2           ! параметр R2
t=1
QR=QC          ! гранична витрата
Q(t)=QB        ! початкова витрата
Do i=1, N
if(Q(t).LT.QR) Q(t+i)=R1*Q(t)
if(Q(t).GE.QR) Q(t+i)=R2*Q(t)
ENDDO
```

- одразу отримати витрату води на N –ну добу, тобто

$$Q(t+N)=R^N Q(t). \quad (2.7)$$

Як і при застосуванні попередньої методики, завчасність N визначається, якщо не передбачається зміни погодних умов. Проте, у будь-якому випадку можна подати відповідне застереження. Наприклад, зазначити, що за період N діб витрати будуть не меншими від прогнозованих (тобто, гарантованими).

(в) Для оцінювання ефективності методик прогнозування стоку, викладених у пунктах (а) і (б) слід скласти перевірні прогнози (табл.2.3), а потім визначити відповідні оцінки.

Таблиця 2.3 - Перевірні прогнози витрат води на спаді повені р. А біля п. Б, рік (роки)

дата	Q(t)	Q _{ПРОГНОЗ}	Q _{ФАКТ}	Похибка	
				м ³ /с	%
30.04	550	-	550	-	-
1.05		468	490	-22	4
2.05		398	470	-72	15
3.05		338	380	-42	11
4.05		287	270	17	6
5.05		244	265	-21	8
...	
...	

Допустима похибка – ймовірне відхилення передбачуваного значення від його зміни за період завчасності

$$\varepsilon = 0.674\sigma_A,$$

де σ_A - середні квадратичні відхилення рівнів/витрат води за період завчасності.

Кількість укладених прогнозів – N .

Кількість прогнозів, похибки яких не перевищують допустиму – n .

Ймовірність неперевищення допустимої похибки (%)

$$\eta = n/N \cdot 100.$$

Якщо $\eta \geq 82\%$, точність методики добра.

За $\eta = 81 \div 60\%$, точність задовільна.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 3

РОЗРАХУНОК ГІДРОГРАФА ПІД ЧАС ДОЦОВОГО ПАВОДКУ ЗА ФУНКЦІЯМИ ВПЛИВУ

(1) Прогнозування гідрографа здійснюється на основі обчислення по інтегралу Дюамеля при нульових початкових умовах

$$Q(t) = \int_0^t q(t) \cdot r(t - \tau) dt, \quad (3.1)$$

де $Q(t)$ – витрата води в момент часу t ;

q - водоутворення (приплив до руслової мережі);

r - функція впливу.

Оскільки вхідні дані задаються дискретно, то обчислення за виразом (3.1) виконується способом прямокутників, тобто

$$Q(i) = \sum_{j=1}^{j=i} q(i - j + 1) \cdot r(j). \quad (3.2)$$

$(i = 1, 2, \dots, n)$

(2) Щоб врахувати початкові умови водності водозбору перед паводком, доцільно як складову гідрографа обчислювати витрати води за рахунок виснаження запасів води в русловій мережі. Тоді гідрограф буде складатися із двох компонентів:

$$Q(t) = Q_0 \cdot R^{t-1} + \sum_{j=1}^{j=t} q(i-j+1) \cdot r(j), \quad (3.3)$$

де Q_0 - початкова передпаводкова витрата води;
 R – параметр функції виснаження.

(3) Вхідні дані для розрахунку гідрографа:

- площа водозбору F , км²;
- розрахунковий інтервал Δt , год.;
- початкова витрата води Q_0 , м³/с;
- параметр функції виснаження R ;
- ординати функції впливу $r(\tau)$;
- графік перебігу водоутворення $q(t)$ (ординати в мм).

Ординати функції впливу обчислюються за аналітичним її виразом у вигляді двопараметричного гамма-розподілу. У цьому завданні вони подаються вже обчисленими.

Водоутворення також подається як послідовність його значень за період від I до t .

Потрібно нагадати, що водоутворення q становить собою інтенсивність опадів P без втрат води, тобто,

$$q = P - h_3 \quad (3.4)$$

$$h_3 = E + h_n + h + i,$$

де h_3 – загальні втрати води,
 E – випаровування,
 h_n – поверхневе затримання,
 h – поповнення запасів води в ґрунті,
 i – фільтрація.

У таблиці 3.1 приведені вхідні дані, необхідні для обчислення та приклад розрахунку гідрографа під час дощового паводку за функціями впливу

Таблиця 3.1 - Приклад розрахунку гідрографа під час дощового паводку за функціями впливу

$$F = 1200 \text{ км}^2; \quad \Delta t = 12 \text{ год}; \quad Q_0 = 25,0 \text{ м}^3/\text{с}; \quad R = 0,85$$

t	q	R	$q_1 r_i$	$q_2 r_i$	$q_3 r_i$	$q_4 r_i$	$q_5 r_i$	$q_6 r_i$	H	Q_1	$Q_{0(R)}$	Q
1	2.0	0.10	0.2						0.2	5.6	25.0	30.6
2	15.0	0.20	0.4	1.5					1.9	52.8	21.2	74.0
3	40.0	0.35	0.7	3.0	4.0				7.7	214	18.1	232
4	20.0	0.25	0.5	5.2	8.0	2.0			15.7	436	15.4	451
5	10.0	0.10	0.2	3.8	14.0	4.0	1.0		23.0	639	13.1	652
6	5.0			1.5	10.0	7.0	2.0	0.5	21.0	583	11.1	594
7					4.0	5.0	3.5	1.0	13.5	375	9.4	384
8						2.0	2.5	1.8	6.3	175	8.0	183
9							1.0	1.2	2.2	61.1	6.8	67.9
10								0.5	0.5	13.9	5.8	19.7

Пояснення.

Перехідний коефіцієнт від шарів водоутворення до витрати води $KF = 10^3 \cdot F / \Delta t = 10^3 \cdot 1200 / 43200 = 27,78$;
 $Q_I = KF \cdot H$; $Q = Q_I + Q_{0(R)}$.

Для більшої наочності доцільно побудувати суміжні гістограф і гідрограф у графічному вигляді (рис.3.1).

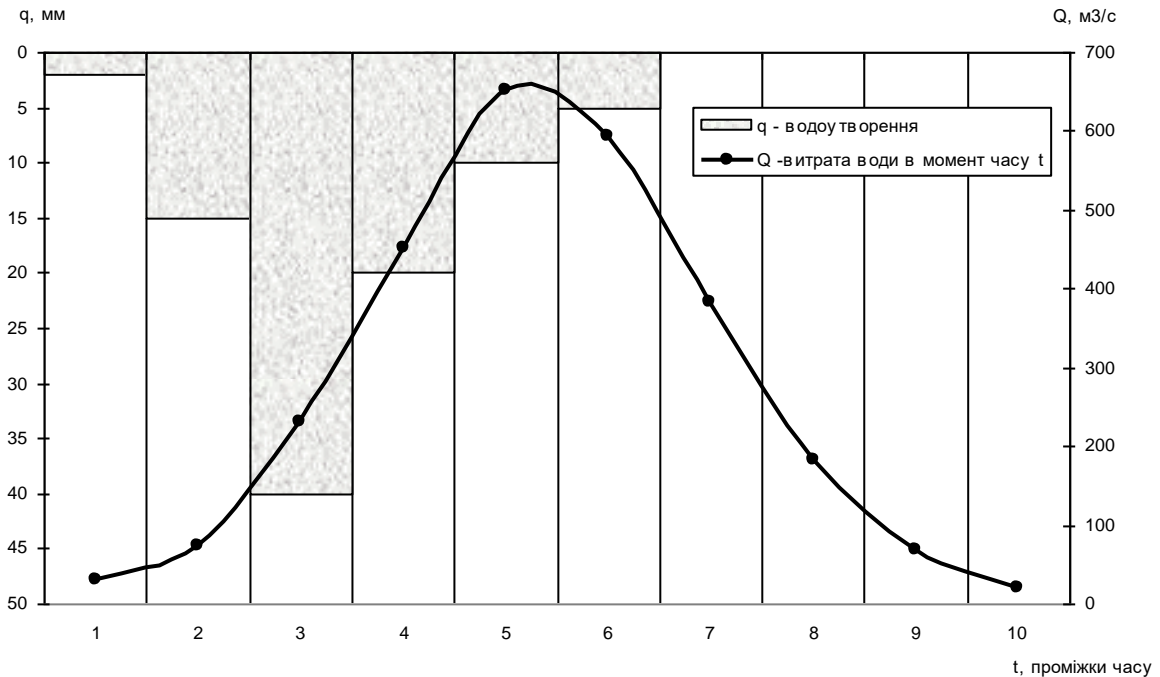


Рис 3.1 – Комплексний графік водоутворення та гідрографа під час дощового паводку

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 4

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗУВАННЯ ВЕСНЯНОГО СТОКУ ТА МАКСИМАЛЬНОЇ ВИТРАТИ ВОДИ ФІЗИКО-СТАТИСТИЧНИМ МЕТОДОМ

(1) Основне джерело живлення рівнинних річок України у весняний період – це талі води сезонного снігового покриву. Часткове поповнення стоку води під час повені відбувається за рахунок дощів.

Найбільш важливі характеристики повені, які мають практичне значення, а тому фігурують в методиках прогнозування: стік води за повінь, максимальні витрати та найвищі рівні води.

Стік за повінь може визначатися трьома одиницями: шар стоку (мм), об'єм стоку (м^3 або км^3), середня витрата води ($\text{м}^3/\text{с}$). Найбільш зручно оперувати шаром стоку, оскільки він залежить від запасів води у сніговому покриві та опадів, кількість яких оцінюється також в мм.

(2) Для довготермінового прогнозування весняного стоку використовуються три методи: прямий воднобалансовий розрахунок; фізико-статистичний воднобалансовий метод; статистичний метод.

В останній час певного поширення набуло довготермінове прогнозування весняного стоку шляхом математичного моделювання процесів, що відбуваються на водозборі під час зимового та весняного сезонів. Цей підхід до прогнозування весняного стоку буде розглядатися окремо.

Для застосування прямого воднобалансового розрахунку в більшості випадків відсутні необхідні дані. Статистичний метод, що ґрунтується лише на множинній кореляції, не завжди дозволяє отримати стабільні прогностичні залежності.

(3) Фізико-статистичний метод враховує закономірності снігового стоку, тобто ті чинники, які визначають його об'єм і перебіг у часі. Розроблення методики прогнозування весняного стоку цим методом зводиться до отримання емпіричних залежностей, в яких непрямим шляхом (через показники) враховується водопоглинальна здатність водозбору та затримання талої води на поверхні водозбору. Як такі показники використовуються, перш за все, вологість ґрунту та глибина його промерзання.

(4) Вхідні дані для опрацювання прогностичної методики по кожному річковому басейну:

- шари стоку за повінь у замикальному створі басейну (мм);
- запаси води в снігові та льодовій кірці – середні на водозборі (мм);
- глибина промерзання ґрунту – середня на водозборі (см);
- запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту – середні на водозборі (мм).

Для визначення параметрів прогностичних залежностей потрібно мати відомості не менше, ніж за 20-25 років спостережень. Бажано, щоб для розроблення методики були залучені роки, коли спостерігалися найбільші та найменші значення весняного стоку води.

Крім того, досить важливо вибирати для виконання завдання річкові басейни та залучати роки, репрезентативні в часовому та просторовому відношеннях – стосовно регулювання стоку, кількості пунктів спостережень, тощо.

(5) Оцінювання вхідних даних.

5.1. Шар стоку за повінь h (мм) обчислюється за формулою

$$h = 86,4 / F \sum_{i=1}^{i=n} (Q_i - Q_{\delta}), \quad (4.1)$$

де F - площа водозбору, км²; n - тривалість повені, кількість днів; Q_i - середня добова витрата води, м³/с; Q_{δ} - передповенева витрата води, м³/с. Витрата Q_{δ} характеризує базисний (ґрунтовий) стік, який не залежить від тих чинників, які визначатимуть майбутній весняний стік.

5.2. Середні запаси води в снігові та льодовій кірці визначається за даними снігомірних зйомок. Доцільно залучити дані всіх станцій і постів, які знаходяться на території басейну (а можливо й поблизу нього). Запаси води в снігові оцінюються на дату складання прогнозу. Оскільки прогнозування весняного стоку здійснюється, звичайно, декілька разів за зиму, то й вхідні дані оцінюються, орієнтуючись на таку необхідність.

Аналіз наявних даних покаже, який спосіб осереднення запасів води краще застосувати – як середнє арифметичне, середнє зважене чи шляхом побудови ізоліній.

Якщо залісеність водозбору перевищує 25-30 %, потрібно застосовувати спосіб середнього зваженого, щоб більш точно оцінити запаси води на водозборі. Тоді

$$\bar{S} = (1 - f_{\text{Л}}) \bar{S}_{\text{П}} + f_{\text{Л}} \bar{S}_{\text{Л}}, \quad (4.2)$$

де \bar{S} - середні запаси води в снігові на водозборі, $f_{\text{Л}}$ - залісеність водозбору (у частці від одиниці), $\bar{S}_{\text{П}}$ - запаси води на відкритій місцевості, $\bar{S}_{\text{Л}}$ - запаси води на залісеній місцевості.

5.3 Глибина промерзання ґрунту оцінюється за даними вимірювань на польових ділянках. Можна залучити також дані вимірювань на метеорологічних майданчиках.

Як показав досвід, відомості про глибину промерзання ґрунту потребують просторового аналізу, щоб уникнути використання нерепрезентативних даних (наприклад, вимірів біля наметів снігу або оголених ділянок).

Якщо залісеність водозбору перевищує 30%, слід урахувати цю обставину, маючи на увазі, що глибина промерзання ґрунту в лісі становить приблизно 70% від глибини на польовій ділянці. Таким чином будемо мати:

$$L_C = (1 - f_{\text{Л}}) + 0.7 f_{\text{Л}} L_{\text{П}}, \quad (4.3)$$

де L_C - середня глибина промерзання ґрунту на водозборі; $f_{\text{Л}}$ - залісеність водозбору (у частці від одиниці); $L_{\text{П}}$ - глибина промерзання ґрунту – середня на польових ділянках.

5.4 Показник зволоженості водозбору оцінюється через запаси продуктивної вологи в ґрунті (шар 0-100 см). Запаси вологи в ґрунті визначаються взимку на обмеженій мережі метеорологічних станцій. Тому слід проаналізувати дані вимірювання також і на території, суміжній із басейном, задіяним для опрацювання методики.

У багатьох випадках виникає потреба обчислити запаси вологи перед настанням повені W за даними визначення їх пізньої осені W_0 , а саме:

$$W = W_0 + h_m, \quad (4.4)$$

де h_m - шар талої води за відлиги. Якщо зимові відлиги незначні та нетривалі, можна приймати $W = W_0$.

(6) Розроблення прогностичної методики зводиться до визначення залежності стоку від впливових чинників у вигляді емпіричних рівнянь чи графічних побудов. Нижче наведені приклади таких залежностей.

Завдання 6.1.

Залежність шару весняного стоку h від сумарного припливу води на водозбір:

$$h = f_1(S + \eta P), \quad (4.5)$$

де S - середні на водозборі запаси води у снігові, P - середні на водозборі опади за період повені.

Коефіцієнт стоку від опадів припускається рівним $\eta=0.15$. Графік залежності (4.5) буде мати наступний вигляд – рис.4.1.

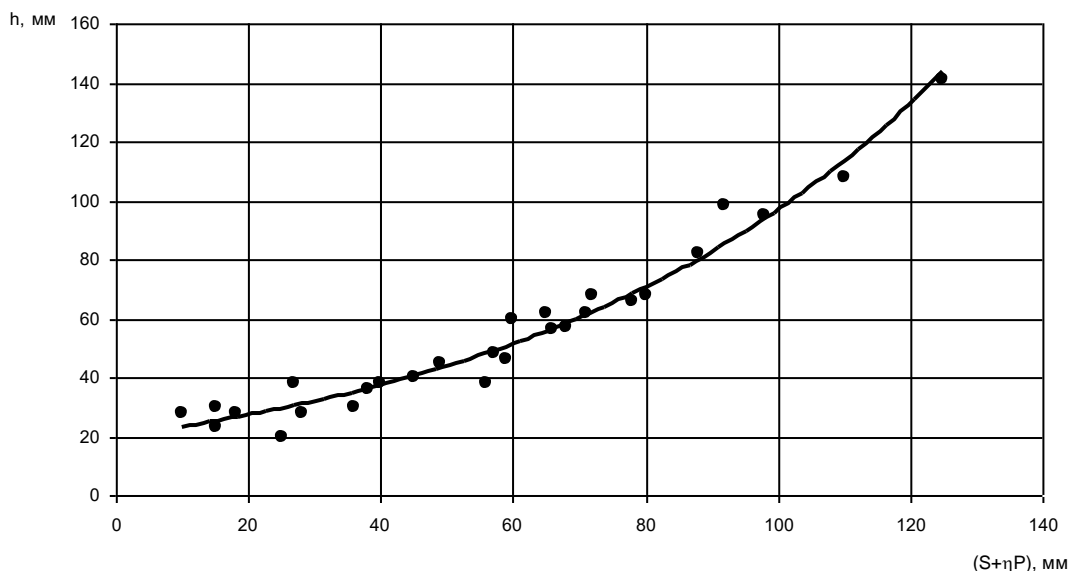


Рис. 4.1. Залежність шару весняного стоку h від сумарного припливу $(S + \eta P)$

Завдання 6.2.

Залежність шару весняного стоку від сумарного припливу води та зволоженості водозбору:

$$h = f_2(S + \eta P, W), \quad (4.6)$$

де S - середні на водозборі запаси води у снігові, P - середні на водозборі опади за період повені, $\eta=0.15$ – коефіцієнт стоку від опадів, W - показник середніх на водозборі запасів вологи в ґрунті.

У графічному вигляді залежить (4.6) може бути, наприклад, такою – рис.4.2.

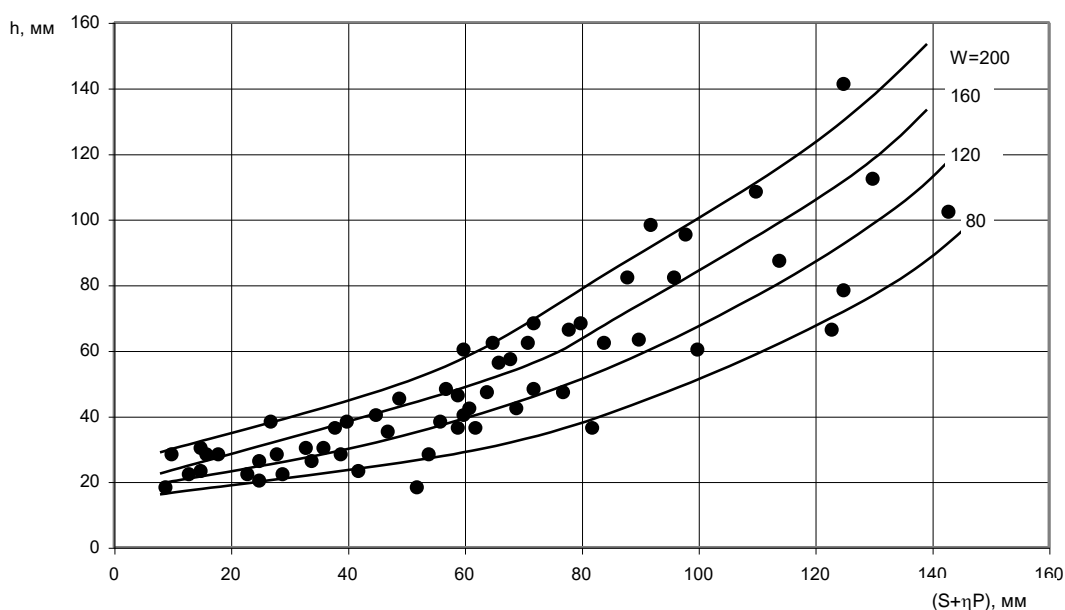


Рис.4.2. Залежність шару весняного стоку h від сумарного припливу $(S + \eta P)$ і показника зволоженості водозбору W

Завдання 6.3.

Залежність шару весняного стоку h від сумарного припливу води та показника водонепроникності ґрунту:

$$h = f_3(S + \eta P, I_{WL}), \quad (4.7)$$

де S - середні на водозборі запаси води у снігові, P - середні на водозборі опади за період повені, $\eta = 0.15$ - коефіцієнт стоку від опадів, I_{WL} - показник водонепроникності ґрунту.

$$I_{WL} = 0.001 \cdot W \cdot L \quad (4.8)$$

Показник I_{WL} визначають переважно дослідним шляхом, щоб досягнути кращої точності залежності (4.7). Залежність (4.7) може мати, наприклад, вигляд, показаний на рис.4.3.

(7) Оцінювання ефективності методики прогнозування шару весняного стоку здійснюється через відношення середньої квадратичної похибки прогнозів S_h до середнього квадратичного відхилення фактичних шарів стоку за багаторічний період σ_h , а також за ймовірністю неперевикнення допустимих похибок.

За $S_h / \sigma_h \leq 0.50$ методика вважається хорошою, а за S_h / σ_h від 0.51 до 0.80 - задовільною.

(8) Одночасно з прогнозуванням шару весняного стоку потрібно оцінити також значення ймовірної максимальної витрати води Q_{\max} за період повені для замикального створу річкового басейну.

З цією метою визначається залежність витрат Q_{\max} від шару стоку:

$$Q_{\max} = f_4(h). \quad (4.9)$$

На практиці залежність (4.9) набуває вигляду

$$Q_{\max} = K_Q h. \quad (4.10)$$

де K_Q - середній коефіцієнт у кореляційному полі максимальних витрат і шарів стоку.

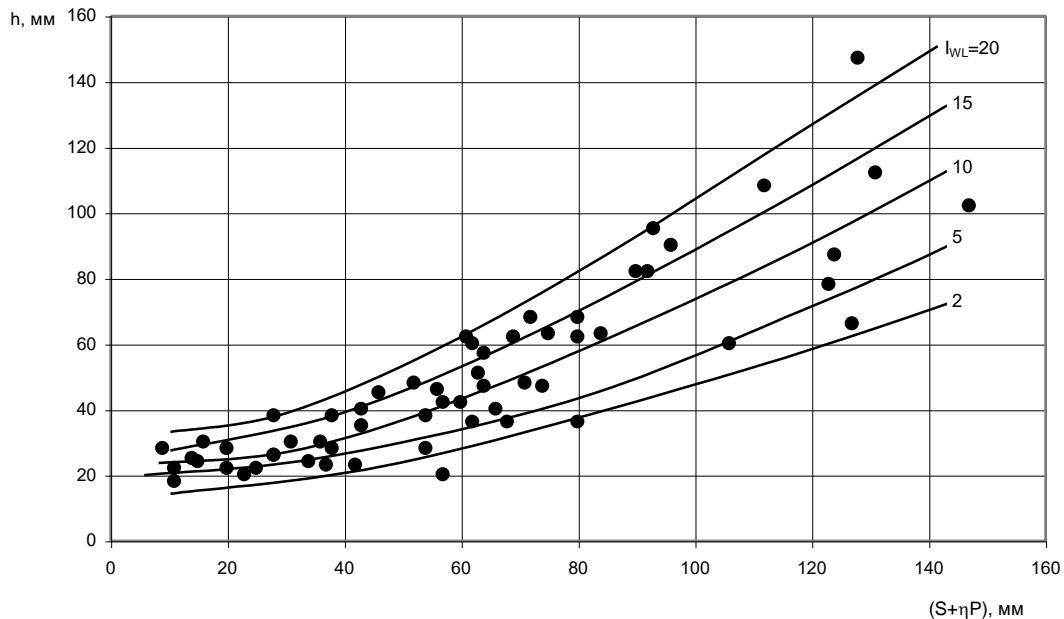


Рис.4.3. Залежність шару весняного стоку h від сумарного припливу води $S + \eta P$ та показника водонепроникності ґрунту I_{WL}

Коефіцієнт K_0 визначає достовірність залежності (4.9) у межах ймовірності перевищення похибок оцінювання Q_{\max} між 25 і 75 %.

Найвищий рівень води під час повені прогнозується за спрогнозованою максимальною витратою і залежністю між рівнями та витратами води в замикальному створі річкового басейна, що розглядається.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 5

ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПЕРЕБІГУ СТОКУ ПІД ЧАС ДОЦОВИХ ПАВОДКІВ НА ГІРСЬКИХ РІЧКАХ

(1) У математичній моделі дощового стоку ДОЩ-3 враховані особливості гірських водозборів, де виявляються умови для утворення підповерхневого стоку. Просторова неоднорідність формування води враховується шляхом застосування моделі для обчислення водоутворення на виділених часткових площах. Таким чином, кожна часткова площа водозбору подається трьома умовними ємкостями, в яких формується поверхневий, підповерхневий і підґрунтовий стік.

Модель ДОЩ-3 ґрунтується на таких положеннях:

- ✓ як приходна складова слугує інтенсивність опадів;
- ✓ обчислення водоутворення виконується через воднобалансові рішення;
- ✓ перебіг водоутворення (гієтограф) трансформується в гідрограф за допомогою функцій впливу.

(2) Розрахункові вирази моделі описують основні елементарні процеси, які відбуваються на водозборі: випаровування, поверхневе затримання, вбирання води в ґрунт і підґрунтя та накопичення її в цих шарах, формування трьох видів стоку. У ці вирази входять 14 параметрів.

(3) Практичне завдання не передбачає оцінювання модельних і просторових параметрів, а лише використання моделі для обчислення та прогнозування перебігу стоку (витрат/рівнів води).

(4) Модель ДОЩ-3 реалізована двома програмними засобами:

- (а) DOSCH3 – для обчислення перебігу стоку води за період дощового паводка;
 (б) DOSCH3F – для прогнозування окремих ланок перебігу стоку із завчасністю 6-12 годин для малих і середніх гірських річок.

(5) Необхідні засоби та дані для виконання завдання:

- робочі модулі програм DOSCH3 і DOSCH3F (поставляє викладач);
- типова схема формування робочих файлів (задає викладач);
- параметри моделі для певного водозбору (задає викладач);
- координати залежностей між рівнями та витратами води – $Q=f(H)$;
- вхідні функції моделі для заданої річки за період паводка (на практиці – це оперативна інформація);
- значення інтенсивності опадів, недостатка насичення повітря вологою та швидкості приземного вітру з пунктів метеорологічних спостережень, які відносяться до заданого водозбору;
- рівні води в замикальному створі.

Гідрометеорологічні відомості формуються у вигляді часових послідовностей через 6 або 12 годин.

(6) Внаслідок дії програми DOSCH3 отримуємо розраховані за період паводка витрати води в порівнянні з фактичними, а також інтенсивність видів стоку, випаровування та динаміку зволоженості водозбору – у вигляді таблиці та графіка.

Бажано нанести всі розрахункові та фактичні дані на комплексний графік – для більшої наочності, щоб мати уявлення про перебіг та зміну усіх величин, які приймають участь у формуванні стоку води.

(7) Результати прогнозування витрат і рівнів води за програмою DOSCH3F подаються у вигляді прогнозних значень із завчасністю 6 і 12 годин, а також ймовірнісний їх перебіг – за умови збереження, збільшення та зменшення інтенсивності опадів на позапрогнозний період. При використанні ймовірнісних значень стоку води доцільно враховувати прогноз погоди (передбачувану зміну інтенсивності опадів). Поступове безперервне прогнозування дозволяє уточнювати попередньо видані прогнозні значення витрат/рівнів води.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 6

ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПЕРЕБІГУ СТОКУ ПІД ЧАС СНІГО-ДОЩОВИХ ПАВОДКІВ НА ГІРСЬКИХ РІЧКАХ

(1) Обчислення та прогнозування перебігу стоку води під час сніго-дощових паводків чи весняної повені ґрунтуються на використанні математичної моделі СНІГ-3. Ця модель включає підмоделі, які описують наступні процеси, що відбуваються на водозборі:

- ✓ снігонакопичення та сніготанення;
- ✓ водовіддавання із снігу;
- ✓ промерзання та відтавання ґрунту;
- ✓ зміну зволоженості водозбору;
- ✓ перерозподіл талої та дощової води на поверхні водозбору та у підповерхневій товщі;
- ✓ регульовальну дію водозбору та річкової мережі на переміщення водних мас.

(2) У моделі подані основні процеси, які відбуваються на кожній висотній зоні часткової площі водозбору з моменту утворення снігового покриву та до його повного зникнення, у тому числі притаманні для районів, де спостерігаються зимові відлиги та переривисте сніготанення. Тут подається також опис змін стану снігового покриву під впливом зовнішніх чинників на відкритій і залісеній місцевості. А на інтенсивності сніготанення відображається зміна тривалості світлого часу доби та температури повітря.

Кожна висотна зона подається трьома умовними ємкостями, де формується поверхневий, підповерхневий і підґрунтовий стік. При цьому на перерозподіл стоку води впливає також стан промерзлого шару ґрунту.

Розрахункові вирази моделі включають 14 параметрів, які оцінюються для кожної часткової площі водозбору, а також константи, що характеризують зміни стану снігового покриву.

(3) Практичне завдання передбачає використання моделі для обчислення та прогнозування перебігу стоку (витрат/рівнів води) для певних річок басейну Пруту, маючи на увазі, що параметризація для них уже завершена.

(4) Модель СНІГ-3 реалізована двома варіантами програмних засобів:

(а) SNІНЗ – для обчислення перебігу стоку води за період сніго-дошового паводка чи повені;

(б) SNІНЗF – для прогнозування окремих ланок перебігу стоку на малих і середніх гірських річках із завчасністю 6-12 годин.

(5) Для виконання завдання потрібно мати наступні засоби та дані:

- робочі модулі програм SNІНЗ і SNІНЗF (поставляє викладач);
- типова схема формування робочих файлів (задає викладач);
- параметри моделі для певного водозбору (задає викладач);
- координати залежностей між витратами та рівнями води – $Q=f(H)$;
- відомості про запаси води в снігові, його щільність, глибину промерзання ґрунту та зволоження водозбору перед початком сніготанення;
- дані про температуру повітря, недостаток насичення повітря та інтенсивність опадів у період сніготанення з пунктів метеорологічних спостережень, які відносяться до заданого водозбору (на практиці – це оперативна інформація);
- рівні води в замикальному створі.

Метеорологічні та гідрологічні дані повинні бути подані у вигляді часових послідовностей через розрахунковий інтервал (6 чи 12 годин).

(6) У результаті розрахунку за програмою SNІНЗ будемо мати:

а) обчислені за період паводка витрати води в порівнянні зі спостереженими, заданими виконавцем;

б) інтенсивність видів стоку, перебіг стану снігового покриву та промерзання ґрунту за період паводку.

Усі ці дані подаються в табличному вигляді, а витрати води також графічно. Для більшої наочності бажано побудувати комплексний графік з використанням розрахованих величин. До речі, таким чином будемо мати уявлення про перебіг і діапазон коливання величин, причетних до формування стоку води.

(7) Результати прогнозування витрат/рівнів води з використанням програми SNІНЗF подаються в наступному вигляді:

- прогнозні значення із завчасністю 6 і 12 годин;
- ймовірнісні значення на позапрогнозний період для трьох умов – при збереженні, збільшенні та зменшенні інтенсивності водоутворення під час сніготанення.

Безперервне прогнозування стоку води дозволяє уточнювати попередньо видані прогнозні значення витрат і рівнів води. Ймовірнісні значення стоку води можуть бути використані в практичних цілях, якщо врахувати прогноз погоди щодо зміни у подальшому інтенсивності сніготанення.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ 7

ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ДОВГОТЕРМІНОВОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕСНЯНОГО СТОКУ НА РІЧКАХ РІВНИННОЇ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ЗА ДОПОМОГОЮ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОМПЛЕКСУ

(1) До цих практичних занять входить ознайомлення з роботою програмної оболонки Комплексу, підготовкою завдання та здійснення розрахунків – прогнозування весняного стоку для заданого річкового басейну. Комплекс використовується в оперативній діяльності Українського гідрометцентру та Львівського ЦГМ.

(2) Комплекс призначений для моделювання та прогнозування наступних характеристик весняного стоку:

- шарів стоку на території річкового басейну в просторовому поданні;
- шарів стоку через визначені (основні) створи річок;
- максимальних витрат/рівнів води у визначених створах.

(3) Як методична база до Комплексу задіяні:

- математична модель формування весняного стоку СЛОЙ-2;
- методика обчислення шару/об'єму стоку через визначені створи річок;
- методика обчислення максимальних витрат/рівнів води у визначених створах в інтервальних оцінках.

За початкові умови при прогнозуванні використовуються результати визначення запасів води у снігові, глибини промерзання та вологості ґрунту перед строком прогнозування – оперативні дані.

У Комплексі забезпечена можливість моделювання/прогнозування характеристик весняного стоку за трьох погодних ситуацій на період завчасності прогнозу, які характеризуються кількістю опадів і температурним режимом в період проходження повені (табл.7.1).

Прогнозування можливо здійснювати в період з 11 лютого по 25 березня. В цей же проміжок часу може виникнути необхідність уточнення попередньо виданих прогнозів, якщо гідрометеорологічна обстановка в басейні зазнала змін. Ніяких перешкод у цьому прагненні немає, оскільки відповідні кліматичні дані присутні у вхідному потоці й вони автоматично (без втручання користувача) залучаються до розрахунку.

Таблиця 7.1 – Перелік і характеристики ймовірнісних ситуацій під час весняної повені

Розвиток весняного процесу	Ймовірність, %	Кількість опадів	Середня температура повітря
Повільний	10 - 15	50% середньої багаторічної	В 1,5 рази нижче середньої багаторічної
Звичайний	50 – 60	Середня багаторічна	Середня багаторічна
Інтенсивний	5 - 10	160% середньої багаторічної	В 1,6 рази вище середньої багаторічної

(4) Комплекс здійснює прогнозування весняного стоку для річкових басейнів:

Середнє та Нижнє Подніпров'я
Сіверський Донець і Приазов'я
Південний Буг та Інгулець
Правобережжя Прип'яті
Київське Полісся
Західний Буг

(5) Структура вхідного потоку.

Вхідний потік програмних засобів Комплексу розподіляється на чотири частини, а саме:

- I. параметри моделі, які фіксовані в Комплексі й до редагування не належать;
- II. режимні дані довідкового характеру; це кілька таблиць значного обсягу, з яких для здійснення розрахунків програмні засоби роблять вибірки згідно з ключовими параметрами;
- III. координати залежностей між витратами та рівнями води – $Q=f(H)$;
- IV. оперативні гідрометеорологічні дані та ключові параметри – два значення ключів і по п'ять значень даних для кожної метеостанції певного річкового басейну.

(6) Підготування завдання.

Завдання для Комплексу визначається певно трьома параметрами:

- ✓ код річкового басейну, для якого складається прогноз;
- ✓ дата та/або термін отримання вхідних оперативних даних;
- ✓ режим розвитку весняних процесів.

Такий підхід дозволяє створити архів завдань, що може бути корисним для повторного прогнозування, відпрацювання технології, документування, тощо.

Програмна оболонка в кожному мить часу може працювати лише з одним поточним завданням. Це завдання можна доповнювати, редагувати, зберігати в архіві та запускати до виконання.

Таким чином, кожне поточне завдання готується шляхом безпосереднього введення або ж заноситься із архіву.

(7) У процесі задіяння Комплексу на екрані з'являються основне меню та підменю з виборами режиму роботи, у т.ч. "Модель" (моделювання /прогнозування) та "Перегляд результатів".

(8) При задіянні кнопки "Картосхема" здійснюється звернення до графічного модуля, який подає результати у вигляді просторових діаграм або ізоліній. Цей модуль досить гнучкий, він дозволяє формувати зображення в різних кольорах, розмірах і виглядах.

(9) Для роботи з Комплексом потрібно завчасно підготувати по всім метеорологічним станціям визначеного річкового басейну наступні дані за 2-3 строки спостережень:

- глибина промерзання ґрунту, см;
- шар базисного стоку, мм;
- показник поверхневого затримання (шар\коефіцієнт);
- запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту, мм;
- запаси води у снігові, мм.

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ 8

БАСЕЙНОВА ПРОГНОСТИЧНА СИСТЕМА ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПЕРЕБІГУ СТОКУ ПІД ЧАС ПАВОДКІВ

(1) У складі басейнової прогностичної системи "Тиса" задіяно 4 підсистеми, через які здійснюється короткотермінове прогнозування перебігу стоку під час паводків:

- ✓ "Тиса-1" – короткотермінове безперервне прогнозування витрат/рівнів води під час дощових і сніго-дощових паводків з 6 приток р.Тиси. Ця підсистема складається із двох програмних комплексів, які ґрунтуються на застосуванні універсальних математичних моделей ДОЩ-3 і СНІГ-3.
- ✓ "Тиса- 5Б" – короткотермінове прогнозування перебігу стоку під час дощових паводків з 5 приток р.Тиси в окремі проміжки часу.
- ✓ "Тиса-10" – короткотермінове прогнозування максимальних витрат/рівнів води в 21 створі на малих річках басейну Тиси.
- ✓ "Тиса-3" – короткотермінове прогнозування витрат/рівнів води в 6 створах р.Тиси на ділянці Рахів-Чоп.

У підсистемах "Тиса-5Б", "Тиса-10" і "Тиса-3" діють відповідні локальні моделі.

(2) Створення підсистеми "Тиса-10" визначається необхідністю розширення обсягу прогнозованої продукції в басейні, оскільки прогнозування перебігу стоку на малих річках із застосуванням моделі ДОЩ-3 неможливе через відсутність детальної часової інформації про інтенсивність опадів.

(3) Програмні засоби і комплекси для реалізації підсистем відпрацьовані, визначені їхні оптимальні параметри. Тому ці матеріали надає викладач. І всі розрахунки виконуються з його безпосередньою участю, враховуючи складність прогностичної системи та відсутність необхідного досвіду у студентів.

(4) Для формування завдань стосовно прогнозування стоку води необхідно підготувати гідрометеорологічні дані за 2-3 паводки в басейні Тиси (по 10-12 діб кожний). У відповідності до потреб вхідних потоків підсистем ці дані повинні включати наступні величини за розрахункові проміжки часу.

а) Підсистема "Тиса-1":

- опади, недостаток вологості повітря, швидкість вітру з відповідних пунктів спостереження;
- рівні води в замикальному створі часткового басейну.

б) Підсистема “Тиса-5Б”:

- опади з відповідних пунктів спостереження;
- рівні води в замикальному створі часткового басейну.

в) Підсистема “Тиса-10”:

- опади за 2-3 доби кожного паводка по 6-годинним інтервалам по можливості з усіх пунктів спостереження;
- рівні води, також за 2-3 доби, з більшості постів, задіяних у підсистемі.

г) Підсистема “Тиса-3”:

- рівні води через 6-12-годинні інтервали з постів р.Тиси на ділянці Рахів-Чоп;
- рівні води в пониззях річок Тересва і Ріка за ті ж самі періоди, що й на р.Тисі.

(5) За результатами розрахунків, викладених у пункті 4, доцільно побудувати графіки перебігу прогнозних рівнів чи витрат води у співставленні зі спостереженими та оцінити точність прогнозування, орієнтуючись на відомі з робіт УкрНДГМІ допустимі похибки.