

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства
та природокористування

Навчально-науковий інститут водного господарства та
природооблаштування
Кафедра геології та гідрології

01-05-84М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни

«ЗАГАЛЬНА ГІДРОЛОГІЯ»

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за
освітньо-професійною програмою «Геологія» спеціальності 103
«Науки про Землю», за освітньо-професійною програмою
«Конструктивна географія, управління водними та мінеральними
ресурсами» спеціальності 106 «Географія»
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано науково-
методичною радою
з якості ННІВГП
Протокол № 5
від 21. 12. 2021 р.

Рівне 2021

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Загальна гідрологія» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Геологія» спеціальності 103 «Науки про Землю», за освітньо-професійною програмою «Конструктивна географія, управління водними та мінеральними ресурсами» спеціальності 106 «Географія» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Будз О. П. – Рівне : НУВГП, 2021. – 28 с.

Укладач: Будз О. П., к.т.н, доцент кафедри геології та гідрології.

Рецензент: Холоденко В. С., к.геогр.н., доцент кафедри геології та гідрології.

Відповідальний за випуск: Романів О. Я., к.геогр.н., доцент, завідувачка кафедри геології та гідрології.

Керівник групи забезпечення освітньої програми к.геогр.н., доцент

Романів О. Я.

© О. П. Будз, 2021

© НУВГП, 2021

Вступ.....	4
1. Визначення гідрографічних характеристик річкових водозборів	5
2. Розрахунок середнього шару опадів для річкових басейнів.....	14
3. Обчислення морфометричних характеристик озер.....	17
4. Розрахунок норми річного стоку при достатньому періоді спостережень.....	18
5. Визначення річного стоку заданої забезпеченості.....	25
6. Внутрішньорічний розподіл стоку по методу реального року.....	26
Література.....	28

Вступ

Методичні вказівки призначені для виконання практичних робіт під час вивчення дисципліни «Загальна гідрологія».

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Загальна гідрологія» складені відповідно робочої програми для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня підготовки для спеціальності 103 «Науки про Землю» за спеціалізацією «Геологія», для спеціальності 106 «Географія» спеціалізації «Конструктивна географія, управління водними та мінеральними ресурсами» денної та заочної форм навчання.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати:

- Основні закономірності формування річкового стоку, живлення та водний режим річок, озер, боліт;
- Склад і видання Водного кадастру;
- Основні методи гідрометричних спостережень на річках і водоймах та їх обробки;
- Основні положення Водного кодексу України.

вміти:

- Визначати морфометричні характеристики річкового басейну;
- На основі наявності гідрологічної інформації та нормативних документів за допомогою відповідних методик визначати основні розрахункові гідрологічні характеристики;
- Знаходити та використовувати необхідну інформацію у виданнях Водного кадастру.

Тема 1. Визначення гідрографічних характеристик річкових водозборів

До гідрографічних характеристик річкової мережі відносяться довжини річок, їхня звивистість та густина річкової мережі.

1.1. За довжину річки L приймають віддаль від витоку до гирла, виміряну по геометричній осі русла, а для великих річок - по фарватеру (лінії найбільших глибин русла).

Довжину річки вимірюють циркулем із постійним розхилом 1 або 2 мм, або курвиметром. При використанні циркуля виміри проводять двічі – спочатку від витоку до гирла, а потім - в зворотному напрямку. Розходження в кількості відкладень в обох випадках не повинно перевищувати 2%. В розрахунок приймають середнє значення між двома вимірами.

Довжина річки обчислюється за формулою

$$L = nka', \quad (1)$$

де n – середня із двох вимірів кількість відкладень розхилу циркуля; k – поправочний коефіцієнт на звивистість річки, що приймається за рис.2; a – розхил циркуля в масштабі робочої карти, км. В нашому прикладі взято розхил циркуля $a=1\text{мм}$, що в натурі відповідає $a \approx 0,10$ км.

Результати вимірювання довжини р. Лугової та її приток занесемо відповідно в таблиці 1 і 2.

Таблиця 1

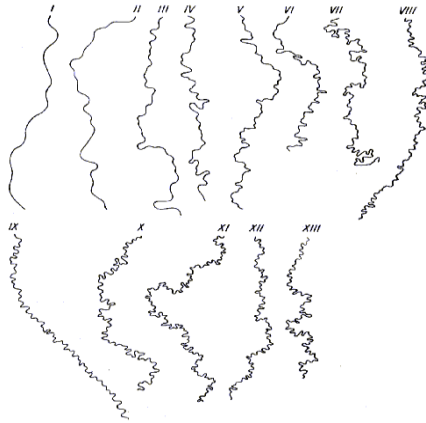
Відомість вимірювання довжини р. Лугової

Назва об'єкта	Кількість відкладень				Виміряна довжина $L_l = na'$	Коеф. звивистості κ	Обчислені довжини $L = \kappa na'$	Відстань від гирла км
	Від гирла	I	II	Сер.				
Гирло	0,0							0,0
р. Суха	8,9	8,9	8,7	8,80	0,88	1,00	0,88	0,88
р. Тиха	360	27,1	26,8	27,0	2,70	1,00	2,70	3,58
р. Зелена	110	74,0	74,4	74,2	7,92	1,00	7,42	11,0
Витік	146,8	36,8	37,3	37,0	3,70	1,00	3,70	14,7

Таблиця 2

Відомість вимірювання довжин приток р. Лугової

Місцезнаходження засічки	Кількість відкладень			Виміряна довжина $L = na'$	Коефіцієнт звивистості κ	Обчислена довжина $L = \kappa na'$, км
	I	II	Середнє			
р. Суха, витік-гирло	101,1	101,4	101,2	10,1	1,00	10,1
р. Тиха	64,2	63,8	64,0	6,4	1,04	6,65
р. Зелена	18,0	18,0	18,0	1,84	1,00	1,80
р. Довга, віддаль від гирла	24,5	24,9	29,7	2,47	1,00	2,47
р. Тихої від гирла р. Довгої	27,0	27,3	27,2	2,72	1,00	2,72
Довжина вододільної лінії	438	436	437	43,7	–	43,7



№ взірця	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
Кзе.	1,00	1,01	1,03	1,05	1,07	1,11	1,13	1,17	1,20	1,24	1,29	1,32	1,35

Рис. 1. Взірці звивистості річок

За даними таблиць 1 і 2 будуємо гідрографічну схему р. Лугової (рис.2).

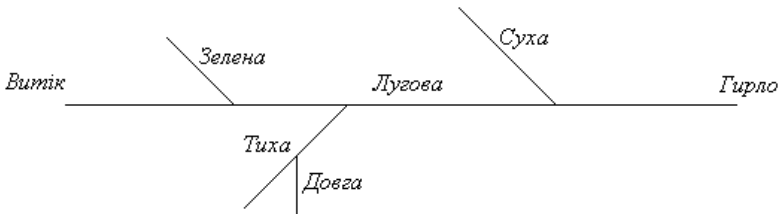


Рис. 2 Гідрографічна схема р. Лугової

Для цього на горизонтальній лінії в масштабі відкладаємо загальну довжину р. Лугової і відмічаємо віддаль (за табл. 1) до впадання всіх приток першого порядку. Під довільним кутом до прямої в точці впадання приток відкладаємо в масштабі довжину приток. Для р. Тихої наносимо притоку 2-го порядку – р. Довгу. На схемі виписуємо довжини річок.

1.2. Визначення коефіцієнта звивистості р. Лугової

Коефіцієнт звивистості визначається за формулою

$$K_{зв} = L/l_n, \quad (2)$$

де L - обчислена довжина річки з урахуванням звивистості, км; l_n - довжина прямої, що з'єднує витік із гирлом, км.

Для Лугової: $L=14,7$ км; $l_n=12,6$ км.

Отже

$$K = \frac{14,7}{12,6} = 1,17.$$

1.3. Густота річкової мережі характеризується коефіцієнтом густоти річкової мережі, що обчислюється за виразом

$$D = \Sigma L / A \text{ км/км}^2, \quad (3)$$

де ΣL – довжина всіх водотоків басейну, км; A – площа водозбору басейну, км² (обчислення площі водозбору наведено в табл.3). Отже густота річкової мережі басейну р. Лугової дорівнює

$$D = \frac{14,7 + 10,1 + 6,65 + 1,80 + 2,47}{122} = 0,29 \text{ км/км}^2$$

2. Визначення морфометричних характеристик басейну

До основних морфометричних характеристик басейну відносяться: площі басейнів головної річки та її приток, графік наростання площі водозбору по довжині річки; довжина, середня ширина і висота басейну та його асиметричність, коефіцієнт розвитку вододільної лінії басейну.

2.1. Визначення площі водозбору басейну і побудова графіка наростання площі водозбору.

Для визначення площі водозбору на карті з горизонталями пунктиром проводимо лінію вододілу по найвищих відмітках рельєфу для всієї річкової системи та окремих приток. Площу водозборів визначаємо за допомогою планіметра або палетки. В першому випадку обведення виділених площ (загального водозбору, часткових водозборів та міжбасейнових просторів) виконуємо двічі, при двох

різних положеннях полюса. Розходження в обох випадках не повинно перевищувати 3%.

При вимірюванні малих площ і при відсутності планіметра, використовують палетку. Найпростіше її виготовити із кальки. Для цього на неї наносять сітку квадратів із стороною 5 мм. Ціна поділки кожного квадрата визначається в залежності від масштабу карти. Палетку накладаємо на контур водозбору і вираховуємо число квадратів. Площа кожного квадрата зі стороною 5 мм при масштабі 1:100000 дорівнює 0,25 км². В нашому прикладі використовувалась палетка. Результати вимірювань заносимо в табл. 3.

Таблиця 3

Відомість визначення площі басейну р. Лугової

Назва плану	Число квадратів			Площа км ²
	I	II	Середнє	
Правий берег				
Міжбасейновий простір 1	87,1	85,7	86,4	21,6
Басейн р. Тихої	134,0	133,2	133,6	33,4
Міжбасейновий простір 2	14,4	14,2	14,3	3,57
Лівий берег				
Міжбасейновий простір 3	6,50	6,46	6,48	1,62
Басейн р. Зеленої	36,1	35,7	35,9	8,98
Басейн р. Сухої	155,4	154,2	154,8	38,7
Міжбасейновий простір 4	55,1	54,5	54,8	13,7
Міжбасейновий простір 5	1,76	1,68	1,72	0,43
Весь басейн				122

За даними табл. 3 і рис. 3 будуємо графік наростання площі басейну. Цей графік будуємо в такому порядку. Проводимо пряму лінію, що дорівнює довжині р. Лугової (14,7 км). Визначаємо точку, що дорівнює віддалі від гирла до впадання першої притоки - р. Тихої ($l=3,58$ км). До р. Тихої від витоку р. Лугової площа між басейнового простору дорівнює 21,6 км². Відкладаємо цю площу в масштабі в точці при $l=3,58$ км і з'єднуємо з отриманою точкою *a* (витік річки). Басейн р. Тихої має площу $A=33,4$ км², а в сумі з уже відкладеним міжбасейновим простором отримаємо наростання площі $A=55$ км². Відклавши в масштабі цю площу, отримаємо точку (*b*), яку з'єднуємо вертикальною прямою із точкою (*a*). Подальше нарощування площі здійснюється тільки за рахунок міжбасейнового простору 2. Загальна

площа басейну правого берегу складає $A=55+3,57=58,6 \text{ км}^2$. Це значення на шкалі з'єднуємо похилою лінією із точкою (б).

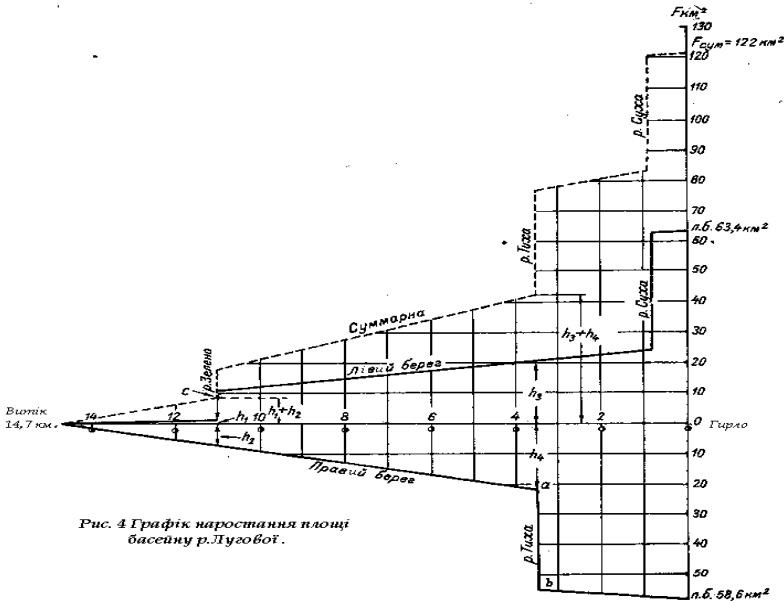


Рис. 4 Графік наростання площі басейну р.Лугової.

Рис. 3. Графік наростання площі басейну р. Лугової

Отже на графіку наростання площі басейну річки нахиленими лініями зображується нарощування площ міжбасейнових просторів, а вертикальними лініями – площі басейнів приток. Побудова графіка нарощування площ басейну для лівого берега ведеться аналогічно. Сумарний графік нарощування площі басейну будуюємо складанням ординат обох графіків, для правого і лівого берегів (пунктирна лінія).

2.2. Довжиною басейну L (км) називається віддаль по прямій від гирла до найбільш віддаленої точки вододільної лінії. У випадку, коли басейн має зігнуту форму, його довжина вимірюється по медіані, яка проведена через центри кіл, що вписані в басейн і дотикаються двох протилежних сторін басейну. В нашому випадку $L=12,8 \text{ км}$.

2.3. Середня ширина басейну $V_{сер}$ (км) визначається діленням площі басейну A на його довжину L :

$$B_{\text{сер}} = A/L.. \quad (4)$$

В нашому прикладі: $B_{\text{сер}} = 122/12,9 = 9,53$ км.

2.4. Середня висота річкового басейну $H_{\text{сер}}$ обчислюється за формулою

$$H_{\text{сер}} = \frac{f_1 h_1 + f_2 h_2 + \dots + f_n h_n}{A}; \quad (5)$$

де $f_1, f_2 \dots f_n$ - площі басейну в км^2 , обмежені сусідніми горизонталями; $h_1, h_2 \dots h_n$ - середня висота між горизонталями, км; A - площа водозбору, км^2 .

Для визначення $H_{\text{сер}}$ необхідно визначити площі між горизонталями, проведеними в даному випадку через 20 м. Найвища точка басейну 191,00 м. абс., найнижча – 5,62 м. абс. Площі між горизонталями можна визначити планіметром або за допомогою палетки. Дані для обчислення $H_{\text{сер}}$ заносимо в табл. 4.

Таблиця 4

Дані для обчислення середньої висоти басейну р. Лугової

№ з/п	Відмітки горизонталей, м	Площа між горизонталями, f_i км^2	Середня висота між горизонталями, h_i , км.	Добуток $f_i h_i$ км^3 .
1	2	3	4	5
1	191,00-190,00	0,32	0,1905	0,0610
2	190,00-170,00	3,03	0,1800	0,5454
3	170,00-150,00	10,1	0,1600	1,6160
4	150,00-130,00	22,9	0,1400	3,2102
5	130,00-110,00	26,5	0,1200	3,1800
6	110,00-90,00	17,7	0,1000	1,7700

7	90,00-70,00	16,7	0,0800	1,3360
8	70,00-50,00	13,6	0,0600	0,8160
9	50,00-30,00	7,68	0,0400	0,3070
10	30,00-10,00	2,38	0,0200	0,0480
11	10,00-5,62	0,97	0,0078	0,0080
			Сума:	12,8856

Підставляючи отримані значення у формулу (5), отримаємо

$$H_{сер} = \frac{12,8856}{122} = 0,10562 \text{ км} = 105,62 \text{ м абс.}$$

2.5. Середній похил басейну $I_{сер}$ обчислюється за формулою

$$I_{сер} = \frac{h \left(\frac{l_0 + l_n}{2} + l_1 + l_2 + \dots + l_{n-1} \right)}{A} \quad (6)$$

де h - перевищення між горизонталями, км; $l_0, l_1, l_2 \dots l_n$ - довжина горизонталей в межах басейну, км; A - площа басейну, км². Довжини горизонталей в межах басейну вимірюємо аналогічно, як і довжини річок. Дані для обчислення $I_{сер}$ записуємо в табл. 5

Таблиця 5

Дані для обчислення середнього похилу басейну р. Лугової

№ з/п	Відмітки горизонталей, м	Довжини горизонталей, км	Півсума довжин горизонталей, $\frac{l_{n-1} + l_n}{2}$ км	Перевищення між горизонталями, h , км	Добуток $\frac{l_{n-1} + l_n}{2} h$, км
1	191,00	0,00			
2	190,00	0,68	0,34	0,001	0,0003

3	170,00	8,56	4,62	0,020	0,0924
4	150,00	22,00	15,28	0,020	0,3056
5	130,00	33,00	27,50	0,020	0,5500
6	110,00	53,20	43,10	0,020	0,8620
7	90,00	48,10	50,65	0,020	1,0130
8	70,00	44,00	46,05	0,020	0,9210
9	50,00	29,7	36,85	0,020	0,7370
10	30,00	9,10	19,40	0,020	0,3880
11	10,00	2,40	5,75	0,02	0,1150
12	5,62	0,00	1,20	0,0438	0,0052
Сума:					4,9895

Підставивши отримані значення у формулу (5), отримаємо

$$I_{сеп} = \frac{4,9895}{122} = 0,040897.$$

2.6. Асиметричність басейну характеризується коефіцієнтом асиметрії, що обчислюється за формуло

$$a = \frac{F_l - F_n}{0,5(F_l + F_n)}, \quad (7)$$

де F_l і F_n - відповідно площа басейну лівого і правого берегів. Використавши дані таблиці 3, отримаємо:

$$a = \frac{63,4 - 58,6}{0,5(63,4 + 58,6)} = 0,08.$$

2.7. Коефіцієнт розвитку довжини вододільної лінії басейну визначається за формулою

$$m = 0,282 \frac{S}{\sqrt{A}}, \quad (8)$$

де S - довжина вододільної лінії, км; A - площа водозбору, км².

Використавши дані таблиці 2, отримаємо:

$$m = 0,282 \frac{43,7}{\sqrt{122}} = 1,12.$$

Тема 2. Розрахунок середнього шару опадів для річкових басейнів

В межах річкового басейну розміщується певна кількість станцій для вимірювання атмосферних опадів, в залежності від розмірів площі водозбору та характеру рельєфу. Для обчислення середнього шару опадів на водозборі використовують способи середнього арифметичного, квадратів, медіан та ізогіет.

Спосіб середнього арифметичного є найбільш простим і використовується для попередньої оцінки шару опадів на рівнинній території при наявності густої мережі метеорологічних станцій. Середній шар опадів обчислюється як середнє арифметичне значення з показів ряду станцій за формулою

$$X_{\text{сеп}} = \Sigma X_i / n, \quad (9)$$

де X_i - опади окремих станцій річкового водозбору; n - кількість станцій.

Спосіб квадратів (рис.16а) полягає в тому, що площа басейну ділять на рівновеликі квадрати. Для всіх квадратів обчислюють середнє значення шару опадів, як середнюарифметичну величину із показників станцій, що знаходяться в межах квадрата. Для порожніх квадратів виписують значення, які отримані інтерполюванням між сусідніми станціями. Середню кількість опадів на водозборі визначають за формулою

$$X_{\text{сеп}} = \Sigma X'_i / n', \quad (10)$$

де n' - кількість квадратів в межах басейну; X'_i - середній шар опадів для кожного квадрата.

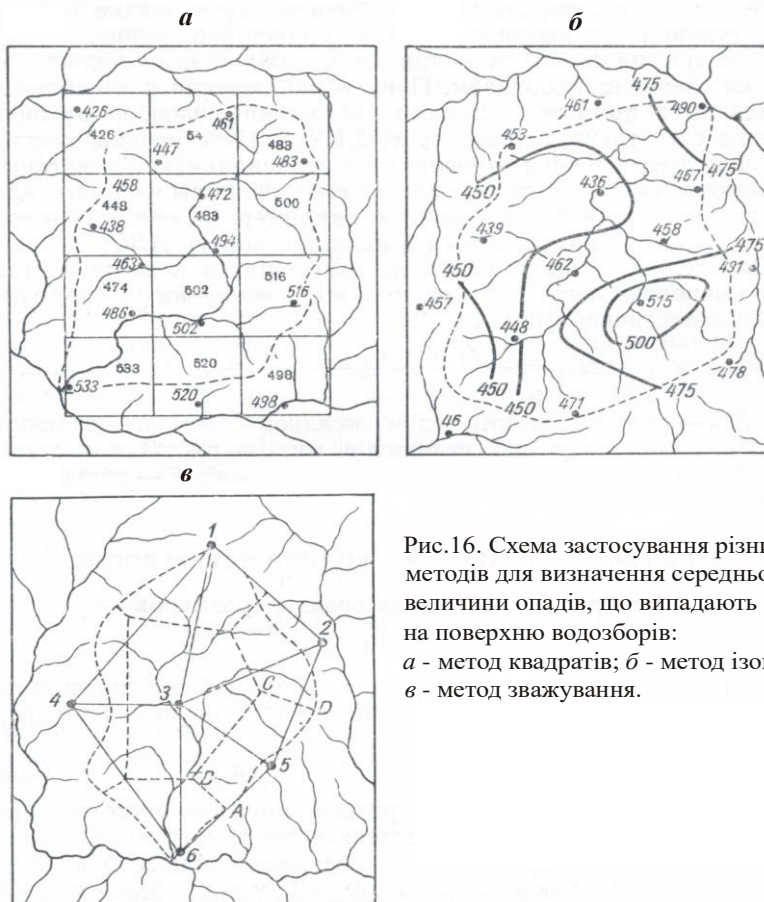


Рис.16. Схема застосування різних методів для визначення середньої величини опадів, що випадають на поверхню водозборів:
a - метод квадратів; *б* - метод ізогіет;
в - метод зважування.

Метод медіан, або зважених станцій (рис.16в). При застосуванні цього методу, розділюють площу басейну між станціями таким чином, щоб межа кожної ділянки знаходилась на половині відстані від сусідньої станції. Для цього станції з'єднують прямими лініями, якими водозбірну площу розбивають на мережу трикутників. Із середини кожної сторони трикутника проводять перпендикуляри, котрі перетинаючись в одній точці визначають межі ділянки, що прилягає до даної станції. Потім визначають планіметром або палеткою площу кожної ділянки і обчислюють середній шар опадів за формулою середнього зваженого

$$X_{\text{сеп}} = (X_1 f_1 + X_2 f_2 + \dots + X_n f_n) / A, \quad (11)$$

де X_i - шари опадів за даними окремих станцій; f_i - часткові площі, які тяжіють до даної станції; A - площа річкового басейну.

Метод ізогіет (рис.16б). *Ізогіети* - це лінії однакових значень опадів. Цей метод використовується для більш точних розрахунків і при наявності великої кількості станцій.

Інтерполяцією між значеннями опадів по станціях проводяться ізогіети. Середню кількість опадів визначають за формулою

$$X_{\text{сеп}} = (X'_1 f'_1 + X'_2 f'_2 + \dots + X'_n f'_n) / A, \quad (12)$$

де X'_i - середнє значення опадів між сусідніми ізогіетами; f'_i - площі, обмежені сусідніми ізогіетами.

Розглянуті методи розрахунків використовують для обчислення середніх значень опадів за місяць, сезон або рік. Для визначення середнього шару опадів за один дощ, метод ізогіет використовують лише за наявності великої густоти станцій. Для визначення шару середніх річних опадів використовують карту ізоліній цієї величини.

Тема 3. Обчислення морфометричних характеристик озер

Частина котловини, що заповнена водою до висоти максимального підняття рівня, називається *озерним ложем* або *озерною чашею*. В озерній котловині розрізняють *берегову* і *глибинну* області. Перша з них включає в себе: береговий схил, побережжя (літораль) і берегову обмілину (сублітораль). Вона простягається до тих глибин, де ще простежується вплив хвиль на дно водойми.

Узбережжя розміщується від зони заплескування хвиль до глибини проникнення рослин, а *берегова обмілина* - від нижньої межі побережжя до глибин, на яких згасає дія хвиль на дно водойми. Дно чаші озера нижче берегової обмілини має назву *профундаль*.

Числові характеристики, що дають уявлення про горизонтальний та вертикальний перерізи озерної котловини, називають *морфометричними характеристиками* озера. До них відносять площу дзеркала, довжину, ширину, глибину, об'єм та ступінь розвитку берегової лінії, а також розміри великої та малої осей озера.

Площа дзеркала озера може обчислюватись двома способами: або разом з островами, або лише як площа водної поверхні. *Довжина* озера - це найкоротша віддаль між двома найбільш віддаленими точками. Ця лінія може бути прямою у випадку порівняно простих обрисів озера, і складатись із окремих відрізків для звивистого озера.

При визначенні *ширини* озера розрізняють *найбільшу ширину*, що визначається як найбільший поперечник (перпендикуляр) до лінії довжини озера, і *середню ширину*, що визначається відношенням площі дзеркала ω , км до його довжини L , км

$$V_{сер} = \omega/L. \quad (13)$$

Велика вісь озера - це лінія між найбільш віддаленими між собою точками його контура. Вона завжди проводиться як пряма, незалежно від звивистості озера. *Мала вісь* - це лінія, проведена перпендикулярно до великої осі в місці найбільшої ширини озера.

Об'єм води в озері може бути обчислений за формулою

$$V = h_1 \cdot 0,5(\omega_1 + \omega_2) + h_2 \cdot 0,5(\omega_2 + \omega_3) + \dots + h_{n-1} \cdot 0,5 \omega_{n-1} \quad (14)$$

де ω_i - площі, обмежені відповідними ізобатами, h_i - віддаль між ізобатами.

Середня глибина озера дорівнює відношенню об'єму води в озері до площі його дзеркала

$$h_{\text{сер}} = V/\omega. \quad (15)$$

Ступінь розвитку берегової лінії озера оцінюється коефіцієнтом звивистості, який обчислюється за формулою

$$m = 0,282 \frac{L}{\sqrt{\omega}}, \quad (16)$$

де L - довжина берегової лінії; ω - площа озера.

Середній похил схилів обчислюється за формулою

$$i_{\text{сх}} = \text{tg } \Theta = (0,5L + l_1 + l_2 + \dots + 0,5l_{n-1})h_{\text{макс}}/\omega, \quad (17)$$

де L - довжина берегової лінії; l_i - довжина окремих ізобат, n - кількість ізобат, $h_{\text{макс}}$ - максимальна глибина озера, ω - площа дзеркала озера.

Тема 4. Розрахунок норми річного стоку при достатньому періоді спостережень

При наявності матеріалів спостережень за стоком, норму річного стоку визначають як середню арифметичну величину річного стоку

$$Q_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}, \quad (18)$$

де Q_0 – середня багаторічна витрата води; Q_i – середньорічні витрати води за окремі роки; n - кількість років спостереження за стоком.

Розраховану величину Q_0 річного стоку приймають за норму тоді, коли відносна середня похибка її обчислення не перевищує 10%.

Відносно середню похибку обчислюють за формулою

$$\sigma'_{Q_0} = \pm \frac{100C_V}{\sqrt{n}}, \% \quad (19)$$

де C_V - коефіцієнт варіації стоку, методи визначення якого наведені нижче.

Якщо тривалість спостережень більша 50-60 років, то норма річного стоку обчислюється з урахуванням всього ряду. У протилежному випадку для визначення норми стоку необхідно вибрати *репрезентативний* розрахунковий період, який включав би в себе найбільшу кількість повних циклів коливань річного стоку.

При наявності даних спостережень коефіцієнти C_V та C_S можуть бути встановлені методом найбільшої правдоподібності, методом моментів або графоаналітичним методом.

Метод найбільшої правдоподібності

Розрахунковий коефіцієнт варіації C_V і коефіцієнт асиметрії C_S для трипараметричного гама-розподілу методом найбільшої правдоподібності визначається за номограмами (рис.25-28) взаємності від статистик λ_2 і λ_3 , котрі обчислюються за формул

$$\lambda_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \lg K_i}{n-1}, \quad (20) \quad \lambda_3 = \frac{\sum_{i=1}^n K_i \lg K_i}{n-1}. \quad (21)$$

Тут K_i – модульний коефіцієнт, що визначається за формулою

$$K_i = \frac{Q_i}{Q_0}, \quad (22)$$

де Q_i – щорічні значення річних витрат води; Q_0 – середнє арифметичне значення річних витрат води за n років.

Значення C_V і співвідношення між C_S і C_V визначають за номограмами.

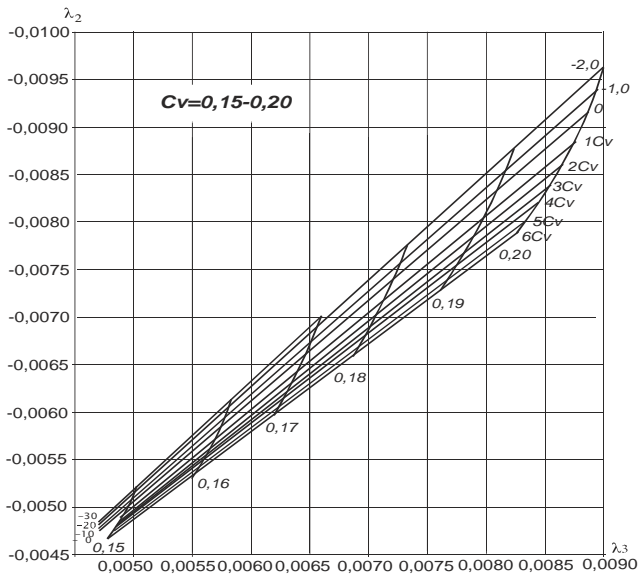


Рис. 6 Номограма для обчислення параметрів трипараметричного гама-розподілу C_V і C_S методом найбільшої правдоподібності при $C_V = 0,15-0,20$

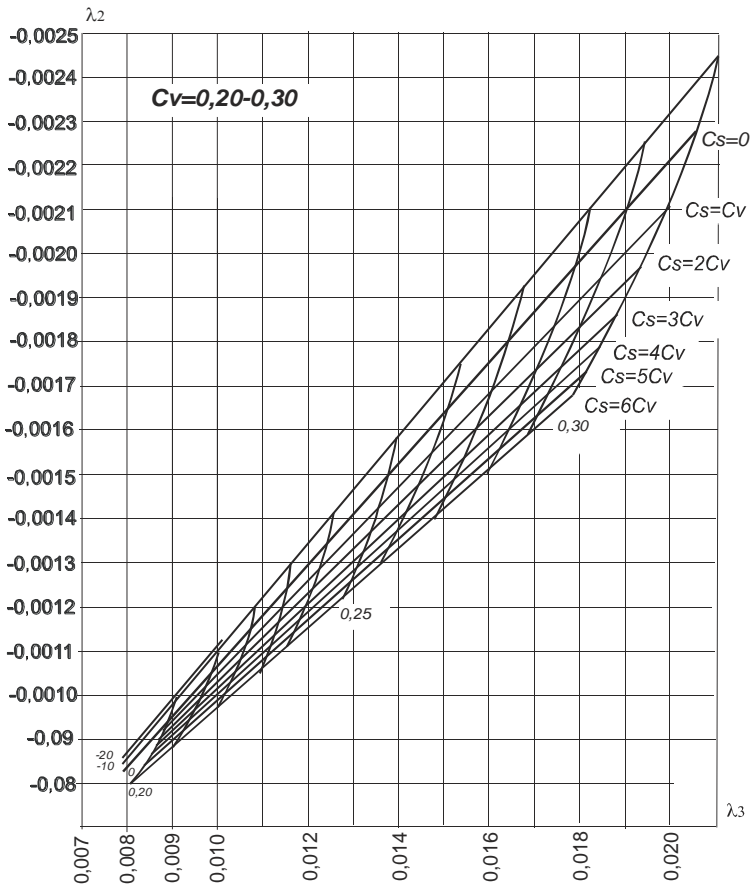


Рис.7 Номограма для обчислення параметрів трипараметричного гама-розподілу C_v і C_s методом найбільшої правдоподібності при $C_v = 0,20-0,30$

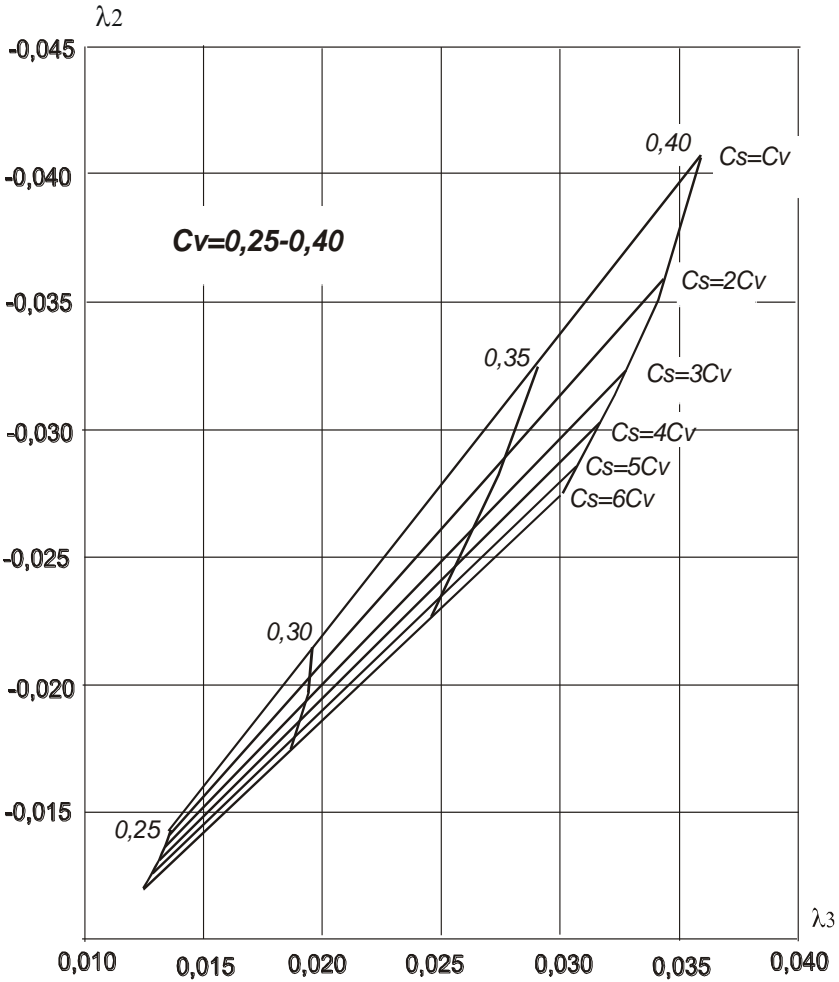


Рис. 8 . Номограма для обчислення параметрів трипараметричного гама-розподілу C_v і C_s методом найбільшої правдоподібності при $C_v = 0,25-0,40$

Оцінка точності розрахунку коефіцієнта варіації методом найбільшої правдоподібності здійснюється за формулою

$$\sigma_{C_v} = \pm \sqrt{\frac{3}{2n(3 + C_v^2)}} \cdot 100\%, \quad (23)$$

де σ_{C_v} - відносна середньоквадратична похибка.

Тривалість ряду вважають достатньою, якщо σ_{C_v} не перевищує 10%.

Метод моментів

При цьому розрахунковий коефіцієнт варіації C_v і коефіцієнт асиметрії C_s для трипараметричного гама-розподілу і біноміального розподілу визначаються за формулами

$$C_v = (a_1 + \frac{1}{2}a_2) + (a_3 + \frac{1}{2}a_4)\tilde{C}_v + (a_5 + \frac{1}{2}a_6)\tilde{C}_v^2; \quad (24)$$

$$C_s = (b_1 + \frac{1}{2}b_2) + (b_3 + \frac{1}{2}b_4)\tilde{C}_s + (b_5 + \frac{1}{2}b_6)\tilde{C}_s^2, \quad (25)$$

де $a_1 \dots a_6$; $b_1 \dots b_6$ – коефіцієнти, які згідно “СНиП 2.01.14-83” визначають за таблицями 5 і 6; .

$$\tilde{C}_v = \sqrt{\frac{\Sigma(K-1)^2}{n-1}}, \quad (26)$$

$$\tilde{C}_s = \frac{n\Sigma(K-1)^3}{(n-1)(n-2)\tilde{C}_v^3}. \quad (27)$$

Оцінка точності обчислення C_v і C_s в цьому випадку здійснюється за формулами

$$\sigma_{C_v} = \pm \sqrt{\frac{1 + C_v^2}{2n}} \cdot 100\%, \quad (28)$$

$$\sigma_{C_s} = \pm \frac{1}{C_s} \sqrt{\frac{6}{n} (1 + 6C_V^2 + 5C_V^4)} \cdot 100\%. \quad (29)$$

Таблиця 6

Обчислення статистичних параметрів річного стоку
р. Турія біля м.Ковеля

№ з/д	Роки	$Q_i, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q_i, \text{ м}^3/\text{с}$ в ранжово- виномом ряді	$K_i = Q_i/Q_0$	K_{i-1}	$(K_i - 1)^2$	$(K_i - 1)^3$	$\lg K_i$	$K_i \lg K_i$	$P = m/n + 1 - 10$ 0%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1946	2,42	9,46	2,51	1,51	2,27	3,41	0,40	1,00	2,13
2	1947	2,43	8,33	2,21	1,21	1,46	1,76	0,34	0,76	4,26
3	1948	8,33	7,69	2,04	1,04	1,08	1,11	0,31	0,63	6,38
4	1949	3,56	7,64	2,02	1,02	1,05	1,07	0,31	0,62	8,51
...
43	1988	5,67	1,81	0,48	-0,52	0,27	-0,14	-0,32	-0,15	91,49
44	1989	3,85	1,79	0,47	-0,53	0,28	-0,15	-0,32	-0,15	93,62
45	1990	2,90	1,16	0,31	-0,69	0,48	-0,33	-0,51	-0,16	95,74
46	1991	3,64	1,09	0,29	-0,71	0,51	-0,36	-0,54	-0,16	97,87
Сума		173,67	173,67	46,00	0,00	12,04	6,48	-2,46	2,42	

Тема 5. Визначення річного стоку розрахункової забезпеченості

При проектуванні гідротехнічних споруд і різних водогосподарських заходів потрібно знати не лише середнє багаторічне значення стоку (норму стоку), але й межі коливання річних величин стоку, тобто річний стік різної розрахункової забезпеченості, що визначає умови експлуатації споруд в майбутньому.

Визначення коливань стоку в майбутньому, при наявності даних спостережень, може бути виконане на основі закономірностей в зміні стоку в попередні роки.

Розрахунки річного стоку заданої забезпеченості зводяться до побудови розрахункових кривих забезпеченості. Для цього спочатку обчислюють координати емпіричної кривої забезпеченості.

Як уже відмічалось, ординати емпіричної кривої забезпеченості, обчислюються за залежністю

$$P = \frac{m}{n+1} \cdot 100\%,$$

де P - забезпеченість; m – порядковий номер ранжированого ряду; n – кількість членів ряду.

Для вирівнювання та екстраполяції емпіричних кривих за межі періоду спостережень, використовують теоретичні (аналітичні) криві забезпеченості. Останні будують за статистичними параметрами ряду.

Обчислення координат аналітичних кривих забезпеченості здійснюють за залежністю

$$Q_P = Q_0 \cdot K_P = Q_0 (\Phi C_V + 1), \quad (30)$$

де Q_P – витрата води забезпеченістю $p\%$; K_P – модульний коефіцієнт забезпеченістю $p\%$; Φ – відносні відхилення ординат кривої забезпеченості від середини при $C_V=1$ (число Фостера), для біноміальної кривої забезпеченості ці дані наведені в додатку 1.

Для обчислення коефіцієнта асиметрії C_S методом моментів із заданою точністю, необхідно мати дані за досить тривалий період спостережень (біля 100 років). Існуючі ряди спостережень, як правило, значно коротші, тому при побудові теоретичної кривої забезпеченості виходять із умов найкращої відповідності її ординат до

емпіричних точок. При цьому будують декілька аналітичних кривих при різних співвідношеннях між C_S і C_V ($C_S = 1,0-5,0C_V$). Одну із них, яка краще відповідає емпіричним точкам, приймають за розрахункову.

Для зручності підбору аналітичної кривої та її використання, криві забезпеченості будують на спеціальних сітчатках ймовірностей.

При відсутності даних спостережень, за розрахункову приймають теоретичну криву забезпеченості, побудовану за визначеними тим чи іншим методом статистичними параметрами.

Тема 6. Внутрішньорічний розподіл стоку по методу реального року

З генетичного погляду найбільш правильним є *метод водного балансу*. Але в зв'язку з відсутністю спостережень за запасами вологи в ґрунті та ґрунтовими водами, він майже зовсім не застосовується.

На практиці застосовуються методи, що ґрунтуються на використанні засобів математичної статистики.

Можливі два способи представлення характеристик внутрішньорічного розподілу стоку: *календарні* – по різних інтервалах (сезон, місяць, декада) та у вигляді *кривих забезпеченості добових витрат води*. Недолік останніх полягає у відсутності уяви про календарну послідовність.

При наявності даних спостережень, використовують методи *реального року* та *компонування сезонів*.

Метод реального року

Суть цього методу полягає в тому, що із загальної кількості років які прийняті для розрахунку, за рік-модель беруть такий гідрологічний рік, в якому забезпеченість стоку за рік, лімітуючий період і лімітуючий сезон близькі до розрахункової забезпеченості.

Під *гідрологічним роком* розуміють такий рік, який починається з початку весняної повені або дощового паводка, якщо він набагато перевищує витрати весняної повені.

Лімітуючий період і сезон назначають, виходячи із цілей використання стоку, тобто залежно від типу споживача. Коли є декілька споживачів, то орієнтуються на основного з них.

Лімітуючий період – це найбільш несприятливий період в використанні стоку. Якщо мова йде про використання стоку, то за лімітуючий період приймають весь маловодний період (літо-осінь, зима).

Лімітуючий сезон – це критичний сезон у використанні стоку всередині лімітуючого періоду. Якщо водоспоживання розраховане на сільськогосподарські потреби - це буде літо-осінь, якщо для гідроенергетики - зима.

При проектуванні осушення боліт і заболочених земель, або при регулюванні повеней та паводків - за лімітуючий період приймають багатоводну частину року (весну та літо-осінь). Лімітуючим сезоном у цьому випадку буде весна, як найбільш багатоводний сезон.

Виконавши статистичну обробку отриманих величин стоку за рік, лімітуючий період та лімітуючий сезон, встановлюють рік-модель відповідної забезпеченості. Для років-моделей визначають відносний внутрішньорічний розподіл стоку у відсотках від сумарного за відповідний рік.

Для встановлення розрахункового внутрішньорічного розподілу стоку, за отриманим відносним розподілом, розподіляють сумарний річний стік відповідної забезпеченості.

Чим довший період спостережень за стоком - тим надійніший вибір реального року близького до року з розрахунковою забезпеченістю. Цей метод використовують лише тоді, коли період спостережень більший 20 років.

Стік за лімітуючі період і сезон визначають складанням середньомісячних витрат за відповідні місяці.

Базова література

1. Быков В. Д., Васильєв А. В. Гидрометрия. Л.; Гидрометеиздат, 1977. 448 с.
2. Крицкий С. Н., Менкель М. Ф. Водохозяйственные расчеты. Л.; Гидрометеиздат, 1952. 392 с.
3. Лаликін М. В., Ревера О. З. Гідрологічні та водогосподарські розрахунки. К., Вища школа, 1973. 199 с.
4. Литовченко О. Ф. Інженерна гідрологія та регулювання стоку. К.; Вища школа, 1999. 360 с.
5. Плешков Я. Ф. Регулирование речного стока. Л. : Гидрометеиздат, 1975. 560 с.
6. Саваренский А. Д. Регулирование речного стока водохранилищами. М.; Изд-во АН СССР, 1951. 236 с.
7. Сливка П. Д., Новосад Я. О., Будз О. П. Гідрологія та регулювання стоку : навчальний посібник. Рівне : УДУВГП, 2003. 287 с.
8. Сливка П. Д. Інженерна гідрологія та регулювання стоку. Рівне : Вид-во НУВГП, 2008. 136 с.
9. Яцик А. В. Водогосподарська екологія. Т. 2. К. : Генеза, 2004. 384 с.

Допоміжна література

1. Зміни і доповнення до Водного Кодексу України, що внесені Законом України від 21.09.2000., №1990-110.
2. Малі річки України : довідник / А. В. Яцик, Л. Б. Бишовець, Є. О. Богатов та ін.; За ред. А. В. Яцика. К. : Урожай, 1991. 296 с.