Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Геолого-географічний факультет
Кафедра фізичної географії та картографії

Клименко В.Г.

ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ З КУРСУ «ГІДРОЛОГІЯ УКРАЇНИ»

Харків – 2012

РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ № 1
«НОРМА ТА МІНЛИВІСТЬ СТОКУ»

Однією з основних гідрологічних характеристик є середньобагаторічний стік або норма річного стоку.

Нормою річного стоку вважається середнє його значення за багаторічний період з незмінними ландшафтно-географічними умовами і однаковим рівнем господарської діяльності в басейні річки.

Для встановлення закономірностей коливання річного стоку застосовують криві забезпеченості.

Найбільше поширення отримали біноміальні асиметричні криві забезпеченості, форма яких може бути визначена трьома параметрами: середньою арифметичною величиною ряду, в даному випадку нормою стоку (Q_0), коефіцієнтом варіації (C_v) і коефіцієнтом асиметрії (C_s).

Хід роботи

1. Побудувати емпіричну криву на клітчатці ймовірності.
2. Обчислити параметри аналітичної кривої забезпеченості середніх річних витрат з оцінкою точності їх визначення:
   а) середня багаторічна витрата, або норма стока (Q_o);
   б) коефіцієнт варіацій (C_v);
   в) коефіцієнт асиметрії (C_s).
3. Обчислити ординати аналітичної кривої.
4. Побудувати аналітичну криву та визначити середні річні витрати заданої забезпеченості ймовірністю щорічного перевищення 75, 90 і 99,9%.

Виконання роботи

Коливання річного стоку за якийсь проміжок часу обумовлене впливом великої кількості факторів, що викликають необхідність застосовувати методи математичної статистики при вивченні цих коливань. При достатньо тривалих і репрезентативних рядах спостережень розрахунки річного стоку рекомендується проводити за кривими забезпеченості.

Розрізняють ймовірність щорічного перевищення для явищ, що спостерігаються тільки один раз на рік; ймовірність перевищення серед сукупності усіх можливих значень для явищ, які можуть спостерігатись декілька разів на рік; ймовірність перевищення на території, дослідження в любому пункті.

Крива забезпеченості - це інтегральна крива, яка показує забезпеченість або ймовірність перевищення (у відсотках або в долях одиниці) даної величини серед загальної сукупності ряда. При розрахунках параметрів кривих забезпеченості значення гідрологічної величини розглядається у вигляді статистичного ряду, тобто ряду розташованого за зменшенням.

Криві забезпеченості можуть бути побудовані у вигляді емпіричних (спостережувальних) і аналітичних (теоретичних) кривих.

1. Емпіричні криві забезпеченості річних витрат стоку будують за ймовірністю перевищення Р % емпіричних точок, які обчислені для кожного члена ряду величин річного стоку за формулою:

$$P = \frac{m - 0.3}{n + 0.4} \cdot 100\%, \qquad (1)$$

де: m – порядковий номер члена ряду розташованому за зменшенням;

n – загальна кількість членів ряду.

Розрахунки заносяться до табл. 1.

Таблиця 1

Розрахункова відомість забезпеченості стоку

№	Роки	Q, м^3/с	Q_0, м^3/с	Q_i за зменш., м^3/с	$K=Q_i/Q_0$	(K-1)	$(K-1)^2$	$(K-1)^3$	P%
-	-	-	-	-	- Σ K	- Σ(K-1)	- $\Sigma(K-1)^2$	- $\Sigma(K-1)^3$	-

Криві забезпеченості (емпірична і аналітична) будуються на спеціальній клітчатці ймовірності. По вертикальній осі слід відкласти модульні коефіцієнти К. По горизонтальній осі відкладаємо забезпеченість

(Р %) у відсотках, а по верхній осі - період повторювання років (N). За значеннями $К_Р$ (або 0_0) і Р % (табл. 4) наносимо емпіричні точки.

2. Аналітичні криві забезпеченості використовуються для згладжування і екстраполяції емпіричних кривих. Теоретичними схемами аналітичних кривих забезпеченостей, які використовуються при гідрологічних розрахунках випадкових величин, є схеми біномінального та трьохпараметричного гама-розподілення. Теоретичне обґрунтування цих методів викладено в роботах Д.Л. Соколовського, В.Г. Андріянова, С.М. Крицького, М.Ф. Менкеля, А.І. Чоботарьова та ін.

Параметрами аналітичних кривих забезпеченості є: середній багаторічний річний стік Q_0, коефіцієнт мінливості (варіації) C_v і коефіцієнт асиметрії C_s. Метод обчислення C_s залежить від коефіцієнта мінливості C_v:

- якщо $C_v < 0,5$ використовують метод моментів;

- якщо $C_v > 0,5$ використовують метод найбільшої правдоподібності;

- графо-аналітичний метод застосовують у випадку використання біномінальної кривої забезпеченості за любим значенням C_v.

При цьому необхідно враховувати можливу систематичну похибку оцінки коефіцієнта мінливості стоку C_v , що збільшується при наявності значного коефіцієнта автокореляції членів руху.

Відхилення середньорічних величин стоку від норми виражається загальною середньоквадратичною похибкою σQ, яка визначається за формулою:

$$\sigma Q = \frac{Cv}{\sqrt{n}} \cdot 100 , \qquad (2)$$

а) За даними табл.1, де середні річні витрати розташовані за зменшенням, обчислюємо норму стоку за формулою:

$$Q_o = \frac{\sum_{i=1}^{N} Qi}{N}, м^3/с , \qquad (3)$$

де: Q_o - норма стоку, $м^3/с$;

Q_i - середньорічна витрата, $м^3/с$;

N - кількість років спостережень за стоком.

В табл.1 середні річні витрати Q_i необхідно розташувати за зменшенням, причому якщо за період спостережень було два або більше однакових витрат, то вони повторюються так, що число n залишається однаковим для хронологічного ряду і ряду, розташованому в спадаючому порядку.

б) В практиці гідрологічних розрахунків визначення коефіцієнту мінливості (варіації) при наявності досить довгих рядів спостережень можливо зробити двома шляхами: методом моментів або методом найбільшої правдоподібності.

Метод моментів для визначення коефіцієнтів мінливості і асиметрії стосовно до біномінального закону розподілу аналітичної кривої забезпеченості рекомендовано застосовувати при $C_V \leq 0,5$ і за відсутністю значно відхилених точок від осереднених емпіричних кривих у верхній її частині.

Коефіцієнт мінливості (варіації) - це безрозмірний статистичний параметр, що відображає відхилення величини витрат від середнього значення за часом. Ця величина насамперед залежить від сталості клімату території та підвищується від його посушливості.

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n}(K_i - 1)^2}{n}}, \qquad (4)$$

де: K_i - модульний коефіцієнт стоку кожного року;

n - кількість років спостережень.

При n < 30 формула (4) використовується у вигляді:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{n}(K_i - 1)^2}{n-1}}, \qquad (5)$$

Для обчислення C_v необхідно обчислити модульний коефіцієнт К: відношення стоку даного року (Q_i) до його середньорічного значення Q_o

$$K = \frac{Q_i}{Q_o}, \qquad (6)$$

Модульний коефіцієнт характеризує водність даного року. Так, роки з модульним коефіцієнтом понад 1,0 - багатоводні, а менш 1,0 -маловодні. Сума модульних коефіцієнтів за певну кількість років має дорівнювати числу років (табл.1).

Величини К-1 дають відхилення модульного коефіцієнту даного року від середнього модульного коефіцієнту К=1. Контроль за вірністю обчислення К-1 полягає в тому, що величина Σ(К-1) має бути рівною або близькою до нуля (табл. 1).

Виконуючи подальші обчислення $\Sigma(К\text{-}1)^2$ та $\Sigma(К\text{-}1)^3$, можемо розрахувати коефіцієнт варіації та коефіцієнт асиметрії.

При обчисленні коефіцієнта мінливості C_V за методом моментів відносна середня квадратична похибка розраховується за формулою:

$$\varepsilon C_v = \sqrt{\frac{1 + C_v^{\,2}}{2n}} \cdot 100\%, \qquad (7)$$

Якщо похибка $\varepsilon C_v \leq 10$ - 15%, то довжина ряду вважається достатньою. Для визначення середньої квадратичної похибки можна використовувати і табл.2.

в) **Коефіцієнт асиметрії C_s** - безрозмірний статистичний параметр, який характеризує ступінь несиметричності ряду відносно середнього значення. Якщо коефіцієнт асиметрії є додатне число, то за ряд спостережень частіше зустрічалися роки зі значенням стоку вище середнього.

Таблиця 2

Середньоквадратичні похибки, %

C_v	Кількість років спостережень									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0,20	23	16	13	11	10	9,3	8,6	8,1	7,6	7,2
0,30	23	17	14	12	10	9,6	8,8	8,3	7,8	7,4
0,40	24	17	14	12	11	9,8	9,1	8,5	8,0	7,6

Коефіцієнт асиметрії визначається шляхом підбору (за умов найкращої відповідності аналітичної та емпіричної кривих забезпеченостей) з послідуючою перевіркою отриманого для даної річки співвідношення C_s / C_v по річках-аналогах. Як показали гідрологічні розрахунки річкового стоку, співвідношення C_s та C_v коливаються в межах, які наведені в табл. 3.

Таблиця 3

Межі співвідношення C_s та C_v при розрахунках річкового стоку

C_s/ C_v	C_s/ C_v
1.0	3.0
1.5	3.5
2.0	4.0
2.5	

<u>Коефіцієнт асиметрії визначається за формулою:</u>

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^{n}(K-1)^3}{(n-1)\cdot C_v^{\ 3}}, \qquad (8)$$

Відносна середня квадратична похибка коефіцієнта асиметрії при асиметричному розташуванні ряду розраховується за формулою:

$$\sigma C_v = \frac{\sqrt{\frac{6}{n}\cdot\sqrt{1+6C_v^2+5C_v^4}}}{C_s}, \qquad (9)$$

Якщо похибка обчислення коефіцієнта C_s велика, то для вибору розрахункової аналітичної кривої забезпеченості застосовуємо метод підбору.

3. Обчислення ординат аналітичної кривої забепеченості за методом моментів проводиться за обчисленими значеннями C_s та C_s = 2C_v в наступному порядку.

За обрахованими значеннями C_s визначають нормованні відхилення від середнього значення ординат біномінальної кривої забезпеченості за різною забезпеченістю і заносять до табл.4.

Таблиця 4

Забезпечені витрати води

C_s	Величини	0,01	1	5	20	50	70	90	99,9
	Ф								
	$ФC_v$								
	$К_p = ФC_v + 1$								
	$Q_p = К_pQ_o$								
	$К_p$								
$2C_v$	Q_p								

Значення цих ординат позначають літерою Ф. Якщо значення C_s не співпадають зі значеннями C_s в першій графі табл.4, то величину Ф необхідно знаходити інтерполюванням.

Величини $ФC_v$ - це відхилення ординат кривої забезпеченості від середнього значення ряду. Щоб отримати ординати кривої забезпеченості $К_p$, необхідно до значення $ФC_v$ додати одиницю $К_p$=ФCv+1, тому що середнє значення модульного коефіцієнту К= 1,0. Ординатами кривої забезпеченості можуть бути витрати різної забезпеченості, які визначаються за формулою:

$$Q_p = К_pQ_o, \qquad (10)$$

де: Q_o - норма стоку.

В табл. 4 ордината забезпеченості $К_p$ за співвідношенням C_s=2C_v визначається за таблицями додатку 2, використання яких не потребує пояснення, а також визначається Q_p за формулою 10.

4. Побудова аналітичних кривих забезпеченості річних витрат води при C_s (ваше значення) і C_s=2C_v виконують на клітчатці з помірною асиметричністю. Криві можуть бути побудовані за ординатами $К_p$ та Q_p.

Після проведення кривих необхідно проаналізувати, яка із аналітичних кривих найбільш відповідає розташуванню емпіричних точок.

Якщо загальний напрямок емпіричних точок не співпадає з аналітичними кривими, необхідно перевірити обчислення методом підбору співвідношення C_s та C_v, змінити величину параметра C_s і побудувати нову аналітичну криву забезпеченості.

Повторюваність гідрологічної величини, наприклад, річного стоку, називається кількісь років N, на протязі яких річний стік повторюється в середньому один раз. На клітчатці ймовірності верхня горизонтальна шкала має підпис: «Період повторення N років», а шкала має розграфлення: в центрі клітчатки 2, а потім вліво та вправо до 10000. Як бачимо, верхня та нижня шкали пов'язані між собою наступними співвідношеннями:

а) при забезпеченості $P \leq 50$ %

$$N = \frac{100}{P}, \tag{11}$$

б) при забезпеченості $P \geq 50$ %

$$N = \frac{100}{100 - P}, \tag{12}$$

Повторюваність при забезпеченості: P = 75 %, $N = \frac{100}{100 - 75} = 4$, тобто 1 раз за 4 роки; P = 90 %, $N = \frac{100}{100 - 90} = 10$, тобто 1 раз за 10 років; P = 99,9 %, $N = \frac{100}{100 - 99.9} = 1000$, тобто раз за 1000 років.

Практичну роботу можна виконати за допомогою комп'ютера

Порядок виконання

1. Обчислити середню багаторічну витрату води.

- Відкрити програму Microsoft Excel і створити таблицю;

- Ввести значення середньорічних витрат води в чарунки С2 – С18;

	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
1	№	Роки	Q_i, м^3/с	Q_0, м^3/с	$Q_{i\ за\ зменш.}$, м^3/с	$K=Q_i/Q_0$	(K-1)	$(K-1)^2$	$(K-1)^3$	P%
2	1	1991	40,7							
3	2	1992	29,6							
4	3	1993	43,9							
5	4	1994	57,8							
6	5	1995	45,3							
7	6	1996	56,8							
8	7	1997	49,3							
9	8	1998	54,3							
10	9	1999	49,9							
11	10	2000	38,3							
12	11	2001	38,7							
13	12	2002	34,6							
14	13	2003	51,2							
15	14	2004	43							
16	15	2005	44,4							
17	16	2006	50,8							
18	17	2007	35,3							
19			= СРЗНАЧ							

- Потім визначити середню багаторічну витрату води, вводячи в чарунку С19 формулу: СР ЗНАЧ (С2 - С18) ОК. Значення середньої багаторічної витрати води занести в усі чарунки за адресою D (D2 – D18).

- Далі упорядкувати значення середньорічних витрат води за зменшенням. Для цього потрібно ввести значення середньої багаторічної витрати води в усі чарунки за адресою Е (Е2 – Е18) і натиснути команду «Сортування за зменшенням»

2. Обчислити модульні коефіцієнти за кожний рік - ввести в чарунку F за формулою: = С2 : D2. Потім необхідно скопіювати формулу для модульних коефіцієнтів.

Сума модульних коефіцієнтів за певну кількість років має дорівнювати кількості років. Для визначення суми модульних коефіцієнтів введіть в чарунку F 19 формулу: СУМ (F2 - F18) ОК.

	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
1	№	Роки	Q_i, м^3/с	Q_0, м^3/с	$Q_{i\ за\ зменш.}$, м^3/с	$K=Q_i/Q_0$	(K-1)	$(K-1)^2$	$(K-1)^3$	P%
2	1	1991	40,7	44,69	29,6	= C2 : D2	= F2-1	=G2^2	=G2^3	= (A2-0,3)/ (17+0,4)*100
3	2	1992	29,6	44,69	34,6	↓	↓	↓	↓	↓
4	3	1993	43,9	44,69	35,3	↓	↓	↓	↓	↓
5	4	1994	57,8	44,69	38,3	↓	↓	↓	↓	↓
6	5	1995	45,3	44,69	38,7	↓	↓	↓	↓	↓
7	6	1996	56,8	44,69	40,7	↓	↓	↓	↓	↓
8	7	1997	49,3	44,69	43	↓	↓	↓	↓	↓
9	8	1998	54,3	44,69	43,9	↓	↓	↓	↓	↓
10	9	1999	49,9	44,69	44,4	↓	↓	↓	↓	↓
11	10	2000	38,3	44,69	45,3	↓	↓	↓	↓	↓
12	11	2001	38,7	44,69	49,3	↓	↓	↓	↓	↓
13	12	2002	34,6	44,69	49,9	↓	↓	↓	↓	↓
14	13	2003	51,2	44,69	50,8	↓	↓	↓	↓	↓
15	14	2004	43	44,69	51,2	↓	↓	↓	↓	↓
16	15	2005	44,4	44,69	54,3	↓	↓	↓	↓	↓
17	16	2006	50,8	44,69	56,8	↓	↓	↓	↓	↓
18	17	2007	35,3	44,69	57,8	↓	↓	↓	↓	↓
19			44,69			= СУМ	= СУМ	= СУМ	= СУМ	

- Далі визначаємо відхилення модульного коефіцієнту даного року від середнього модульного коефіцієнту. Для цього вводимо в чарунку G2 формулу: = F2 – 1 і копіюємо формулу для кожної чарунки.

- Для того щоб порахувати значення $(K-1)^2$, вводимо в чарунку H2 формулу: =G2^2 ОК, і копіюємо введену формулу розрахунків для всіх чарунків H (H2 - H18). Для визначення суми введіть в чарунку H19 формулу: СУМ (H2 - H18) ОК.

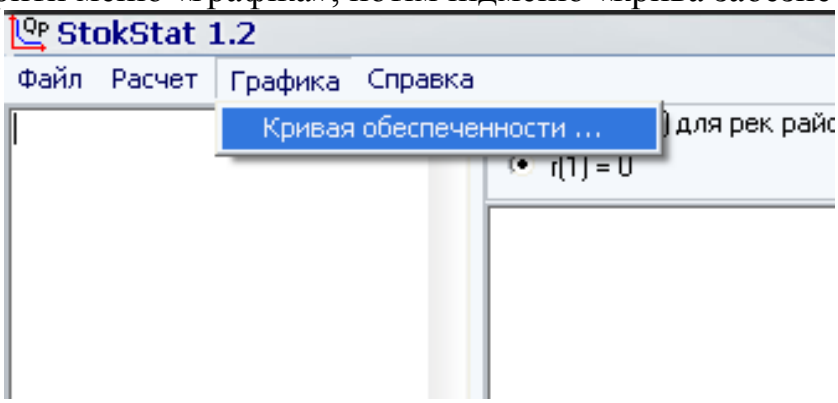
- Далі визначаємо значення $(K-1)^3$, вводимо в чарунку J2 формулу: =G2^3 ОК, і робимо аналогічні розрахунки для всіх чарунків J (J2 _ J18). Для визначення суми введіть в чарунку J19 формулу: СУМ (J2 - J18) ОК.

3. Для обчислення забезпеченості (P %) у відсотках, необхідно ввести в чарунку K формулу: = (A2-0,3)/(17+0,4)*100 ОК. Потім необхідно скопіювати формулу, або визначити для кожного показника.

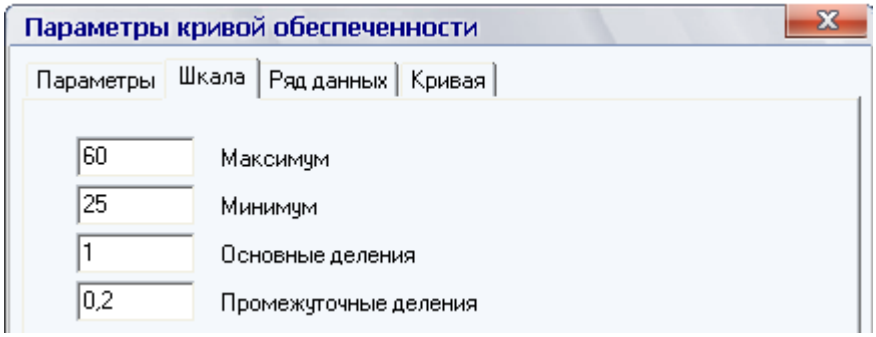
Побудувати криві забезпеченості можна за допомогою програми StokStat. Для цього потрібно:

1. Відкрити програму StokStat

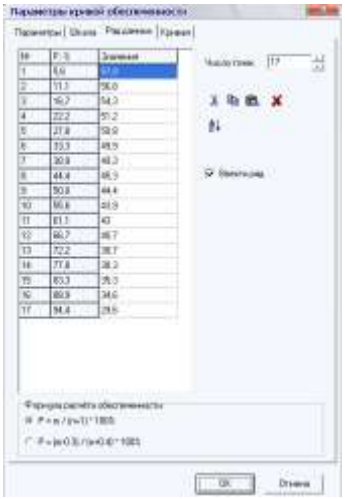
2. Вибрити меню «графіка», потім підменю «крива забезпеченості»



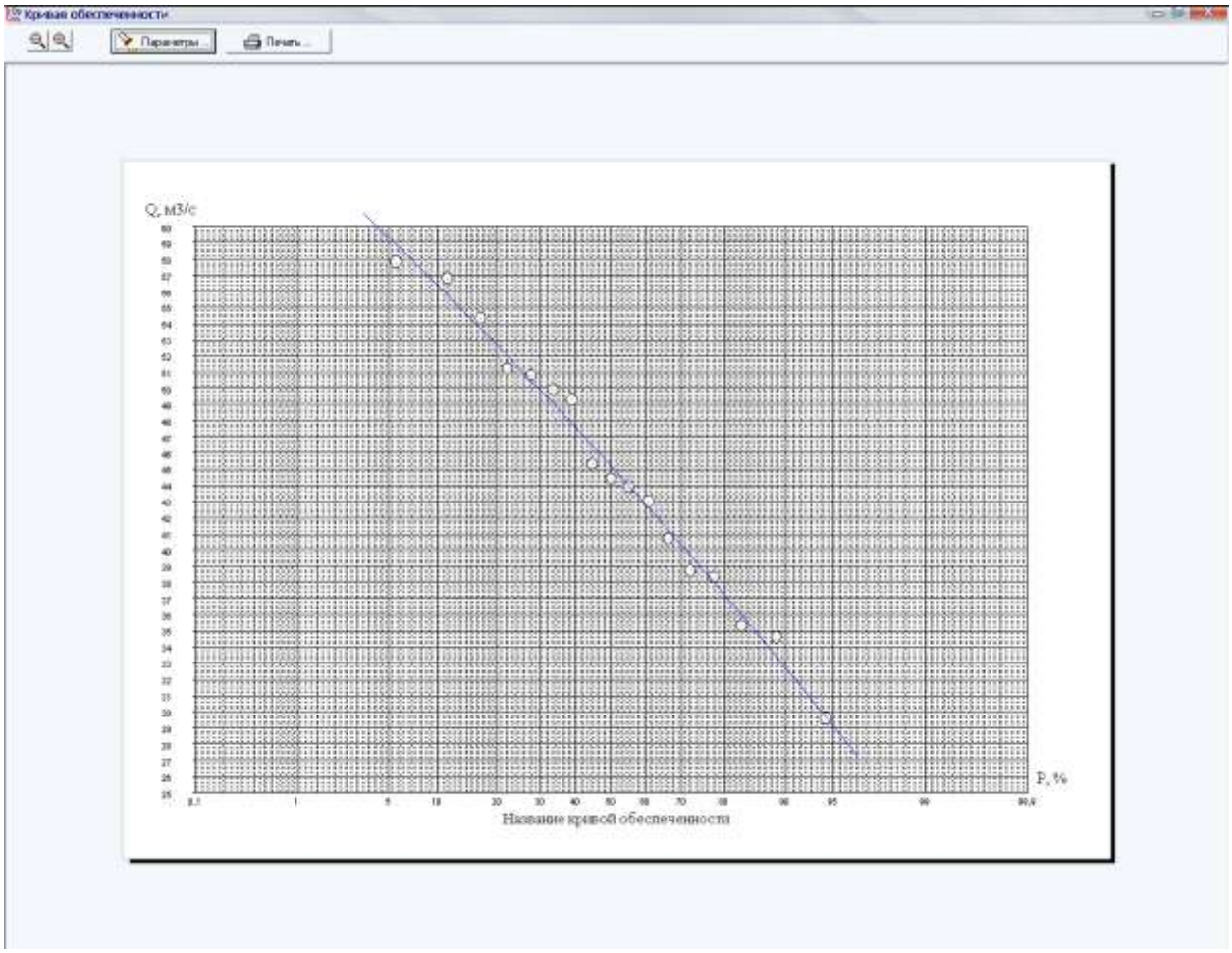
3. Далі потрібно вибрати меню «параметри» і встановити необхідні налаштунки та підписати криву забезпеченості. Потім вибираємо меню «шкала» і вводимо максимальне та мінімальне значення середньорічних витрат води (або модулів стоку).



Після того, як всі параметри встановлено потрібно вибрати меню «ряд даних», встановити галочку в меню «вести ряд» і внести дані середньорічних витрат води (або модулів стоку).



4. Після цього вибираємо меню «Крива» і ставимо галочку «згладжуюча». Після цього натиснути клавішу «ОК» і ми отримаємо графік кривої забезпеченості.



Лабораторна робота №1

Тема: Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші

Зміст роботи

1. Згрупувати і опрацювати вихідні дані.
2. Визначити класи і категорії якості води за окремими показниками.
3. Узагальнити оцінку якості води за окремими показниками (класами і категоріями) по окремих блоках з визначенням інтегральних значень класів і категорій якості води.
4. Визначити об'єднану оцінку якості води (з визначенням класів і категорій) для певного водного об'єкту в цілому і за певний період спостережень.
5. На підставі проведених розрахунків зробити аналіз гідрохімічного режиму та якості води річок:
   а) за показниками сольового складу води річок досліджуваного регіону;
   б) за трофо-сапробіологічними показниками води;
   в) за вмістом специфічних речовин токсичної дії;
   г) за екологічною класифікацією.
6. Зробити екологічну оцінку якості вод суші.
7. За даними розрахунків зробити картографування екологічного стану поверхневих вод України за якістю води.

Виконання роботи

1. Екологічна оцінка якості вод суші повинна обов'язково включати всі три блоки показників.

Вихідними даними для встановлення екологічного нормативу є результати систематичного контролю якості води річок, здійснені мережею Харківського центру з гідрометеорології.

Вихідні дані з якості води за окремими її показниками групуємо окремо для певних ділянок водного об'єкта в різних пунктах спостережень за певний відрізок часу.

Вихідні дані за окремими показниками групуємо в межах трьох блоків.

Для кожного з показників (трьох блоків) обчислюємо середньоарифметичні значення, визначаємо мінімальні та максимальні (найгірші) значення, котрі разом характеризують мінливість величин показників якості води.

Серед вихідних показників трапляються поодинокі дані, які за своїми екстремальними значеннями виходять за межі максимальних значень. Ці екстремальні значення необхідно проаналізувати: з'ясувати природні чи антропогенні причини викликали їх появу, а після аналізу прийняти рішення про використання чи вилучення їх.

При групуванні, обробці і використанні вихідних даних рекомендуємо, по можливості, використовувати методи математичної статистики, а саме комп'ютерну програму "Statistika".

2. Етап визначення класів і категорій якості води для окремих показників полягає у виконанні таких дій:

- середні значення (середньоарифметичні) для кожного показника окремо зіставляються з відповідними критеріями якості води, представленими в таблицях системи її екологічної класифікації (додатки 1.1-1.4, 2, 3);

- найгірші значення якості води (максимальні чи мінімальні) серед показників кожного блоку також зіставляються з відповідними критеріями якості води;

- на основі проведеного зіставлення середньоарифметичних та найгірших значень для кожного показника окремо визначаються категорії якості води за середнім і найгіршим значеннями (найбільшим за номером) для кожного показника окремо.

3. Етап узагальнення оцінок якості води за окремими показниками з визначенням інтегральних значень класів і категорій якості води виконуємо лише на основі аналізу показників у межах відповідних блоків. Це узагальнення полягає у визначенні середніх і найгірших значень у межах трьох блокових індексів якості води, а саме: для індексу сольового складу

води (I_1), для трофо-сапробіологічного (еколого-санітарного) індексу (I_2), для індексу специфічних показників токсичної і радіаційної дії (I_3). Таким чином, повинно бути визначено шість значень блокових індексів, а саме: $I_{1сер}$ та I_{1max}; $I_{2сер}$ та I_{2max}; $I_{3сер}$ та I_{3max}. Маючи значення блокових індексів якості води, можна визначити їх належність до певного класу та категорії якості води за допомогою системи екологічної класифікації.

Середні значення для трьох блокових індексів якості води визначаємо шляхом обчислення середнього номера категорії за всіма показниками даного блоку. Середні значення блокових індексів можуть бути дробовими числами. Для визначення субкатегорії якості води за відповідними середніми значеннями блокових індексів необхідно весь діапазон десятинних значень номерів розбити на окремі частини і позначити їх таким чином:

Середні значення блокових індексів	**Позначення відповідних субкатегорій якості води**
1,0 - 1,2	1
1,3 - 1,4	1 (2)
1,5 - 1,6	1 - 2
1,7 - 1,8	2 (1)
1,9 - 2,2	2
2,3 - 2,4	2 (3)
2,5 - 2,6	2 - 3
2,7 - 2,8	3 (1)
2,9 - 3,2	3
3,3 - 3,4	3 (3)
3,5 - 3,6	3 - 4
3,7 - 3,8	4 (1)
3,9 - 4,2	4

4,3 - 4,4	4 (4)
4,5 - 4,6	4 - 5
4,7 - 4,8	5 (1)
4,9 - 5,2	5
5,3 - 5,4	5 (6)
5,5 - 5,6	5 - 6
5,7 - 5,8	6 (1)
5,9 - 6,2	6
6,3 - 6,4	6 (7)
6,5 - 6,6	6 - 7
6,7 - 6,8	7 (1)
6,9 - 7,0	7

Найгірші значення для трьох блокових індексів якості води визначаються за найгіршим показником (з найбільшим номером) серед всіх показників даного блоку.

4. Для визначення об’єднаної оцінки якості води для певного водного об’єкта в цілому, або для окремих його ділянок необхідно визначити інтегральний, або екологічний індекс Ie за формулою:

$$Ie = \frac{(I_1 + I_2 + I_3)}{3},$$

де: I_1 - індекс забруднення компонентами сольового складу;

I_2 - індекс трофо-сапробіологічних показників;

I_3 - індекс специфічних показників токсичної і радіаційної дії.

Екологічний індекс якості обчислюємо для середніх і для найгірших значень категорії окремо $Ie_{сер.}$ та $Ie_{мах.}$. Екологічний індекс може бути дробовим числом і тому визначаємо субкатегорії води так само, як і для блокових індексів.

5. На підставі проведених розрахунків необхідно зробити аналіз гідрохімії річного режиму та якості води річок:

а) Сольовий склад поверхневих вод суші оцінюємо за сумою іонів та окремими інгредієнтами, за середніми і максимальними значеннями показників за певний час. Клас води визначаємо за переважаючими аніонами, групи за переважаючими катіонами. Типи вод визначаємо за співвідношенням між іонами в еквівалентах.

I $HCO_3^{`} > Ca^{2+} + Mg^{2+}$

II $HCO_3^{`} < Ca^{2+} + Mg^{2+} < HCO_3^{`} + SO_4^{2-}$

III $HCO_3^{`} + SO_4^{2-} < Ca^{2+} + Mg^{2+}$

IV $HCO_3^{`} = 3$

Для позначення природних вод вживаються символи, наприклад, гідрокарбонатний клас група кальцію тип другий - C_{II}^{Ca}, сульфатно-хлоридно-кальцієві води другого типу SCl_{II}^{Ca}.

Прісні (гіпо- і олігогалинні) та солонуваті (β-мезогалинні) води визначаються за критеріями їх забруднення компонентами сольового складу.

Розрахунки сольового складу поверхневих вод занесені до таблиці 1.

б) Аналіз екологічної оцінки якості поверхневих вод суші за трофо-сапробіологічними показниками виконується на підставі середніх та найгірших значень кожного з гідрофізичних, гідрохімічних показників (табл.1) Загальна кількість показників цього блоку для забезпечення обґрунтованих висновків не повинна бути меншою ніж 10. В кінцевому підсумку вони відповідають певному ступеню трофності і зоні сапробності вод.

в) Аналіз оцінки якості поверхневих вод суші за специфічними показниками токсичної дії виконуємо за кожним показником окремо за середніми та найгіршими значеннями за певний проміжок часу. Показники якості води річок за блоком специфічних показників токсичної дії заносять до табл.1.

г) Класи та категорії якості води за їх станом та ступенем їх чистоти (забрудненості), а також трофності і зони сапробності необхідно оцінити за даними таблиць (додаток 4).

6. Екологічна оцінка якості вод суші (табл. 2)

Таблиця 1

Розрахункова таблиця для оцінки якості води річки _____

	Середні значення екологічних показників		За найгіршими значеннями екологічних показників	
Показники	концентрація, мг/дм^3	категорія	концентрація, мг/дм^3	категорія
Сольовий склад				
1. Сума іонів				
2. Хлориди				
3. Сульфати				
I_1 =				
Трофо-сапробіологічні показники				
1. Завислі речовини, мг/дм^3				
2. Прозорість, м				
3. pH				
4. NH_4^+				
5. NO_2^-				
6. NO_3^-				
7. PO_4^{3-}				
8. Розчинений кисень, мг O_2 /дм^3				
9. % насичення				
10. Біхроматна окислю-				
ваність, мг O^2 /дм^3				
11. БСК$_5$				
I_2 =				
Специфічні речовини				

1. Мідь				
2. Цинк				
3. Хром				
4. Залізо				
5. Нафтопродукти				
6. Феноли				
7. СПАР				
I_3 =				

Таблиця 2

Узагальнена оцінка сучасного стану якості води річки _____

За середніми значеннями екологічних показників				За найгіршими значеннями екологічних показників			
I	Стан за категорією	Ступінь чистоти за категорією	Клас якості води	I	Стан за категорією	Ступінь чистоти за категорією	Клас якості води
I_1							
I_2							
I_3							
I_E							

7. Особливості картографування екологічної оцінки якості поверхневих вод. Особливістю створення схеми картографічних позначень екологічної оцінки поверхневих вод є їх складання за даними спостережень якості вод на відповідних пунктах контролю. Збір, обробка і аналіз даних становить великий обсяг робіт. На основі обчислення звітних даних спостережень за відповідною класифікацією якості води складають таблиці екологічної оцінки якості по кожному пункту контролю, приклади яких наведені вище, і

за всіма показниками які передбачено відобразити складають схему картографічних позначень (рис.1).

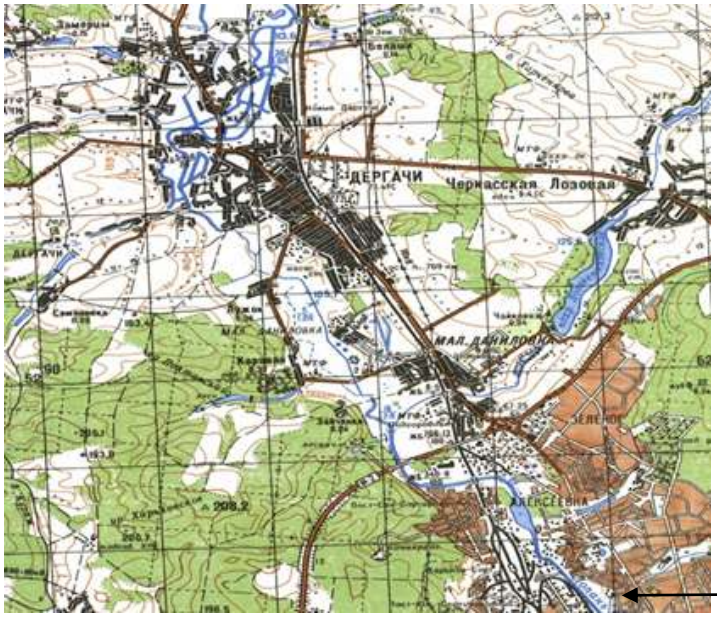
Узагальнення оцінок якості вод за окремими показниками з визначенням інтегральних значень категорій і класів якості вод виконується лише на основі аналізу показників у межах відповідних блоків. Це узагальнення полягає у визначенні середніх значень для трьох блокових індексів якості вод (А, Б, В).

Визначення узагальненої оцінки якості для певного водного об'єкта в цілому або для окремих його ділянок полягає в обчисленні інтегрального, або екологічного індексу (I_E). Екологічний індекс визначається за формулою:

$$I_E=(I_A+I_Б+ I_В)/3$$

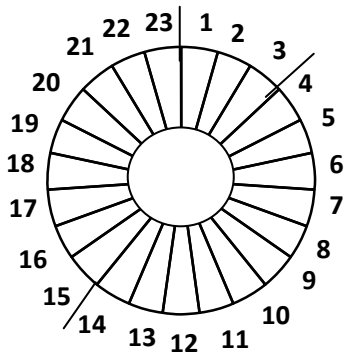
де I_A— індекс забруднення компонентами сольового складу; $I_Б$ — індекс трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників; $I_В$ — індекс специфічних показників токсичної і радіаційної дії.

Кінцевим результатом роботи є побудова кола з категоріями якості води за будь-якими показниками і пофарбування у відповідний колір, який відповідає категоріям якості води. Також в роботі повинен бути представлений фрагмент карти, на якому буде відображатися досліджувана територія.



р. Лопань

Колір	Клас якості води	Категорії якості води	Характеристика вод за якістю
Бірюзовий	I	1	Відмінні
Блакитний	II	2	Дуже добрі
		3	Добрі
Салатовий	III	4	Задовільні
		5	Посередні
Оранжевий	IV	6	Погані
Гранатовий	V	7	Дуже погані



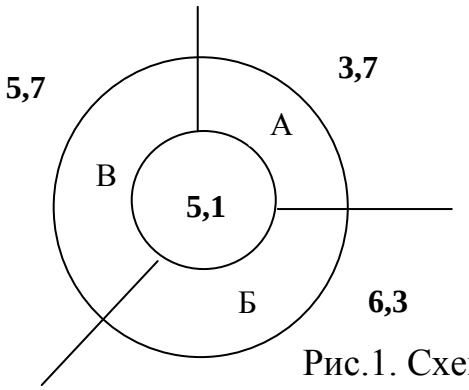
- Категорії якості вод за будь-яким показником

А, Б, В – Блоки показників якості поверхневих вод:

А – сольовий склад;

Б – трофо-вапробіологічнні показники;

В – специфічні показники токсичної та радіаційної дії



- 3,7; 6,3; 5,7 – Блокові індекси

5,1 - Екологічний індекс (I_E)

Рис.1. Схема картографічних позначень

ДОДАТОК 1.1.

Класифікація якості поверхневих вод суші за критерієм мінералізації

Клас якості вод	Прісні води - I		Солонуваті води - II			Солоні води - III	
Категорія якості вод	Гіпога-линні-1	Олігога-линні-2	β-мезога-линні-3	α-мезога линні-4	Поліга-линні-5	Еугалинні-6	Ультра-галинні-7
Величина мінералізації, г/дм^3, ‰	Менше 0,50	0,51-1,00	1,01-5,00	5,01-18,0	18,01-30,0	30,01-40,0	Більше 40,0

ДОДАТОК 1.2

Класифікація якості поверхневих вод суші за критеріями іонного складу

Клас	Гідрокарбонатні (C)			Сульфатні (S)			Хлоридні (Cl)		
Група	Ca	Mg	Na	Ca	Mg	Na	Ca	Mg	Na
Тип	I II III	I II III	I II III	II III IV	II III IV	I II III	II III IV	II III IV	I II III

ДОДАТОК 1.3

Класифікація якості прісних гіпо- та олігогалинних вод за критеріями забруднення компонентами сольового складу

Клас якості води	I	II		III		IV	V
Категорія якості вод	1	2	3	4	5	6	7
Показники, мг/дм^3							
Сума іонів	< 500	501-750	751-1000	1001-1250	1251-1500	1501-2000	> 2000
Хлориди	< 20	21-30	31-75	76-150	151-200	201-300	> 300
Сульфати	≤ 50	51-75	76-100	101-150	151-200	201-300	> 300

ДОДАТОК 1.4

Класифікація якості солонуватих β-мезогалинних вод за критеріями забруднення компонентами сольового складу

Клас якості води	I	II		III		IV	V
Категорія якості вод	1	2	3	4	5	6	7
	Показники, мг / дм^3 :						
Сума іонів	1000-1500	1501-2000	2001-2500	2501-3000	3001-3500	3501-4000	> 4000
Хлориди	< 200	201-400	401-600	601-800	801-1000	1001-1200	> 1200
Сульфати	< 400	401-800	801-900	901-1000	1001-1100	1101-1200	> 1200

ДОДАТОК 2

Екологічна класифікація якості поверхневих вод суші за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями

Клас якості води	I	II		III		IV	V
Категорія якості вод	1	2	3	4	5	6	7
Показники:							
Гідрофізичні:							
Завислі речовини, мг/дм^3	< 5	5-10	11-20	21-30	31-50	51-100	> 100
Прозорість, м	> 1,50	1,00-1,50	0,65-0,95	0,50-0,60	0,35-0,45	0,20-0,30	< 0,20
Гідрохімічні:							
pH	6,9-7,0 7,1-7,5	6,7-6,8 7,6-7,9	6,5-6,6 8,0-8,1	6,3-6,4 8,2-8,3	6,1-6,2 8,4-8,5	5,9-6,0 8,6-8,7	< 5,9 > 8,7
Азот амонійний NH_4^+, мг N/дм^3	< 0,10	0,10-0,20	0,21-0,30	0,31-0,50	0,51-1,00	1,01-2,50	> 2,50
Азот нітритний NO_2^-, мг N/дм^3	< 0,002	0,002-0,005	0,006-0,010	0,011-0,020	0,021-0,050	0,051-0,100	> 0,100
Азот нітратний NO_3^-, мг N/дм^3	< 0,20	0,20-0,30	0,31-0,50	0,51-0,70	0,71-1,00	1,01-2,50	> 2,50
Фосфор PO_4^{3-}, мг P/дм^3	< 0,015	0,015-0,030	0,031-0,050	0,051-0,100	0,101-0,200	0,201-0,300	> 0,300
Розчинений кисень, мг O_2/дм^3	> 8,0	7,6-8,0	7,1-7,5	6,1-7,0	5,1-6,0	4,0-5,0	< 4,0
% насичення	96-100 101-105	91-96 106-110	81-90 111-120	71-80 121-130	61-70 131-140	40-60 141-150	< 40 > 150
Перманганатна окислюваність, мг O^2/л	< 3,0	3,0-5,0	5,1-8,0	8,1-10,0	10,1-15,0	15,1-20,0	> 20,0
Біхроматна окислюваність,	< 9	9-15	16-25	26-30	31-40	41-60	> 60

мг O^2/л							
БСК$_5$, мг O^2/л	< 1,0	1,0-1,6	1,7-2,1	2,2-4,0	4,1-7,0	7,1-12,0	> 12
Гідробіологічні:							
Біомаса фітопланк-тону, мг/дм^3	< 0,5	0,5-1,0	1,1-2,0	2,1-5,0	5,1-10,0	10,1-50,0	> 50,0
Індекс самоочище-ння-само-забруднення (A/R)	1,0	0,9 1,1	0,8 1,2	0,7 1,3-1,5	0,6 1,6-2,0	0,5 2,1-2,5	< 0,5 > 2,5
Бактеорологічні:							
Чисельність бак-теріо-планктону, млн. кл/см^3	< 0,5	0,5-1,5	1,6-2,5	2,6-5,0	5,1-7,0	7,1-10,0	> 10,0
Чисельність са-профітних бактерій, тис.кл/см^3	< 1,0	1,0-3,0	3,1-5,0	5,1-10,0	10,1-25,0	25,1-100,0	> 100,0
Біоіндикація сапробності (індекс сапробності)							
За Пантле-Букком	< 1,0	1,0-1,5	1,6-2,0	2,1-2,5	2,6-3,0	3,1-3,5	> 3,5
За Гуднай-том-Уітлеєм	1,0-20	21-45	46-60	61-70	71-80	81-90	91-100
Сапробність	Олігосапробні		β-мезосапробні		α-мезосапробні		Полісап-робні
	β-оліго-сапробні	α-оліго-сапробні	β’-мезо-сапробні	α’-мезо-сапробні	β’’-мезо-сапробні	α’’-мезо-сапробні	полісап-робні
Трофність	Оліго-трофні	Мезотрофні		Евтрофні		Полі-трофні	Гіпер-трофні
(переважа-чий тип)	Оліго-трофні, оліго-ме-зотрофні	Мезо-трофні	Мезо-евтрофні	Евтрофні	Евполі-трофні	Полі-трофні	Гіпер-трофні

ДОДАТОК 3

Екологічна класифікація якості поверхневих вод суші за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної та радіаційної дії

Клас якості води	I	II		III		IV	V
Категорія якості вод	1	2	3	4	5	6	7
Показники, мг /дм^3:							
Ртуть	< 0,02	0,02-0,05	0,06-0,20	0,21-0,50	0,51-1,00	1,01-2,50	> 2,5
Кадмій	< 0,1	0,1	0,2	0,3-0,5	0,6-1,5	1,6-5,0	> 5,0
Мідь	< 1	1	2	3-10	11-25	26-50	> 50
Цинк	< 10	10-15	16-20	21-50	51-100	101-200	> 200
Свинець	< 2	2-5	6-10	11-20	21-50	51-100	> 100
Хром	< 2	2-3	4-5	6-10	11-25	26-50	> 50
Нікель	< 1	1-5	6-10	11-20	21-50	51-100	> 100
Миш'як	< 1	1-3	4-5	6-15	16-25	26-35	> 35
Залізо (загальне)	< 50	50-75	76-100	101-500	501-1000	1001-2500	> 2500
Марганець	< 10	10-25	26-50	51-100	101-500	501-1250	> 1250
Фториди	< 100	100-125	126-150	151-200	201-500	501-1000	> 1000
Ціаніди	0	1-5	6-10	11-25	26-50	51-100	> 100
Нафтопродук-ти	< 10	10-25	26-50	51-100	101-200	201-300	> 300
Феноли (леткі)	0	< 1	1	2	3-5	6-20	> 20
СПАР	0	< 10	10-20	21-50	51-100	101-250	> 250
Арсен	< 1	1-5	6-15	16-25	26-35	36-50	> 50
Фосфорганічні пестициди (тіофос)	0	< 1	1-3	4-10	11-25	26-50	> 50
Сумарна β-активність	$< 0,44 \cdot 10^{-11}$	$(0,44 - 0,55) \cdot 10^{-11}$	$(0,56 - 0,75) \cdot 10^{-11}$	$(0,76 - 1,0) \cdot 10^{-11}$	$(1,1 - 1,5) \cdot 10^{-11}$	$(15,1 - 0,55) \cdot 10^{-11}$	>
^{90}Sr	<						>
^{137}Cs	<						>

ДОДАТОК 4

Класи та категорії якості поверхневих вод України за екологічною класифікацією

<table>
<tr><td>Клас якості води</td><td>I</td><td colspan="2">II</td><td colspan="2">III</td><td>IV</td><td>V</td></tr>
<tr><td>Категорія якості води</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Назва класів і категорій якості води за їх станом</td><td>Відмінні</td><td colspan="2">Добрі</td><td colspan="2">Задовільні</td><td>Погані</td><td>Дуже погані</td></tr>
<tr><td>Відмінні</td><td>Дуже добрі</td><td>Добрі</td><td>Задо-вільні</td><td>Посе-редні</td><td>Погані</td><td>Дуже погані</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Назва класів і категорій якості води за ступенем їх чистоти (забрудненості)</td><td>Дуже чисті</td><td colspan="2">Чисті</td><td colspan="2">Забруднені</td><td>Брудні</td><td>Дуже брудні</td></tr>
<tr><td>Дуже чисті</td><td>Чисті</td><td>Досить чисті</td><td>Слабко забруд-нені</td><td>Помір-но забруд-нені</td><td>Брудні</td><td>Дуже брудні</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Трофність

(переважаючий тип)</td><td>Оліготроф-ні</td><td colspan="2">Мезотрофні</td><td colspan="2">Евтотрофні</td><td>Полі-трофні</td><td>Гіпер-трофні</td></tr>
<tr><td colspan="2">Оліготроф-Мезо-ні - олігоме-троф-зотрофні ні</td><td>Мезо-евтрофні</td><td>Евто-трофні</td><td>Евполі-трофні</td><td>Полі-трофні</td><td>Гіпер-трофні</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Сапробність</td><td colspan="2">Олігосапробні</td><td colspan="2">β-мезосапробні</td><td colspan="2">α-мезосапробні</td><td>Полісапробні</td></tr>
<tr><td>β-оліго-сапробні</td><td>α-оліго-сапробні</td><td>β’-мезо-сапробн</td><td>α’-мезо-сапробні</td><td>β’’-мезо-сапробні</td><td>α’’-мезоса-пробні</td><td>Полісапробні</td></tr>
</table>

3.1.2 Лабораторна робота № 2

Тема: Розрахунок індексу забрудненості поверхневих вод

Методика оцінки якості води за індексом забрудненості води (ІЗВ) була рекомендована для використання підрозділом Держкомгідромету. Це одна з найпростіших методик комплексної оцінки якості води.

Зміст роботи

1. Визначити індекс забрудненості вод.
2. Визначити клас якості поверхневих вод.
3. Дати аналіз якості поверхневих вод.

Виконання роботи

1. Розрахунок індексу забруднення для поверхневих вод виконується лише за певної кількості інгредієнтів. За результатами аналізів за кожним з показників вираховується середнє арифметичне значення. Кількість аналізів для визначення середнього значення повинна бути не менше чотирьох. Для поверхневих вод кількість показників, яка береться для розрахунку ІЗВ, повинна бути не меншою 6 незалежно від того, чи перевищують вони ГДК, чи ні, але необхідно обов'язково включити розчинний кисень та $БСК_5$.У цілому показники вибираються незалежно від лімітуючої ознаки шкідливості, за рівних концентрацій показників перевага надається речовинам, які мають токсикологічну ознаку шкідливості. До цих показників відносять: азот амонійний, азот нітритний, нафтопродукти, феноли, розчинений кисень, $БСК_5$.

Середню концентрацію (С) азоту амонійного, азоту нітратного, нафтопродуктів і фенолів порівнюємо з їх гранично допустимими концентраціями (табл.1).

Таблиця 1

Гранично допустимі концентрації

Показник	ГДК(мг/дм^3)
Азот амонійний	0,39
Азот нітритний	0,02
Нафтопродукти	0,05
Феноли	0,001

Середнє значення БСК$_5$ (С) порівнюємо з відповідними нормами (Н) за співвідношенням $\frac{C}{H}$ (табл. 2.):

Таблиця 2

Нормативи для БСК$_5$ при розрахунках ІЗВ

БСК$_5$(мг O_2/дм^3)	Норматив, (мг O_2 /дм^3)
До 3 включно	3
3-15	2
Понад 15	1

Середня концентрація розчиненого кисню оцінюється , як співвідношення величини розчиненого кисню, що приймається за норматив (Н), до середньої концентрації розчиненого кисню (С).

Складаємо значення всіх шести показників, виражені через ГДК або норматив. Одержане сумарне значення ділимо на 6 і визначаємо ІЗВ. У разі відсутності у воді нафтопродуктів або фенолів сумарне значення також ділиться на 6 .

Якщо при розрахунку середньоарифметичного використовувалися значення, які виходять за межі звичайного ряду спостережень, то у тексті повинна бути відповідна примітка. На відміну від інших показників,для розчиненого кисню при розрахунках ІЗВ береться співвідношення норматив/реальна концентрація (табл. 3).

Таблиця 3

Нормативи для розчиненого кисню при розрахунках ІЗВ

Розчинений кисень, мг/дм3	Норматив, мг/дм^3
Понад 6	6
Менше 6-5	12
Менше 5-4	20
Менше 4-3	ЗО
Менше 3-2	40
Менше 2-І	50
Менше 1-0	60

Розрахунок ІЗВ можна вести у формі таблиці 4.

Таблиця 4

Результати розрахунку середньорічних ІЗВ

для річки_____біля__ _____

Показники	Середня концентрація мг/дм^3	ГДК	Співвідношення С/ГДК
Азот амонійний			
Азот нітритний			
Нафтопродукти			
Феноли			
БСК$_5$			
Розчинений кисень			
Сума співвідношень			
ІЗВ			
Клас якості води			

2. Після того, як розраховано ІЗВ, необхідно визначити клас якості води.

Клас якості води - це рівні якості вод, встановлені за інтервалами числових значень показників їх складу і властивостей.

Ступінь чистоти (або забруднення) характеризується такими класами якості вод (табл. 5).

Таблиця 5

Критерії оцінки якості вод за ІЗВ

Клас якості води	Текстовий опис	Величина ІЗВ
I	Дуже чиста	<0,3
II	Чиста	> 0,3-1
III	Помірно забруднена	> 1-2,5
IV	Забруднена	> 2.5-4
V	Брудна	>4-6
VI	Дуже брудна	>6-10
VII	Надзвичайно брудна	>I0

До першого класу належать води, що в мінімальній мірі відчувають антропогенні навантаження. Гідрохімічні і гідробіологічні показники цих вод близькі до природних значень для даного регіону.

Для вод другого класу характерні певні зміни порівняно з природними, однак ці зміни не порушують екологічної рівноваги.

До третього класу відносять води, які знаходяться піл значним антропогенним впливом, рівень якого близький до межі стійкості екосистем.

Води четвертого-сьомого класу - це води з порушеними екологічними параметрами, їх екологічний стан оцінюється як екологічний регрес .

3.При проведені аналізу якості вод слід звернути увагу на характер зміни якості вод у часі, пов’язати його з водністю річки, умовами її живлення, а також із характером господарської діяльності в басейні. Указати основні забруднювачі та причини погіршення якості вод.

Запитання для самоперевірки:

1. Дайте визначення ІЗВ.
2. Як проводиться розрахунок ІЗВ?
3. Що таке ГДК?
4. Дайте характеристику класів якості води.