

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Навчально-науковий інститут агроекології та землеустрою
Кафедра водних біоресурсів

05-03-201М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних та самостійних робіт
з навчальної дисципліни
«Відновна іхтіоекологія»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою
«Водні біоресурси та аквакультура»
спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура»
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою з
якості ННІАЗ
Протокол № 9 від 08.01.2025 р.

Рівне – 2025

Методичні вказівки до виконання практичних та самостійних робіт з навчальної дисципліни «Відновна іхтіоекологія» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Водні біоресурси та аквакультура» спеціальності 207 «Водні біоресурси та аквакультура» денної та заочної форм навчання. [Електронне видання] / Гриб Й. В., Войтишина Д. Й., Ковальчук С. В. – Рівне : НУВГП, 2025. – 77 с.

Укладачі: Гриб Й. В., доктор біологічних наук, професор кафедри водних біоресурсів;
Войтишина Д. Й., пошукач; Ковальчук С. В., к.с.г.н., доцент.

Відповідальний за випуск: Полтавченко Т. В., кандидат ветеринарних наук, доцент, завідувачка кафедри водних біоресурсів.

Керівник групи забезпечення зі спеціальності 207
«Водні біоресурси та аквакультура» Петрук А. М.

© Й. В. Гриб,
Д. Й. Войтишина,
С. В. Ковальчук, 2025
© НУВГП, 2025

Зміст

Практична робота № 1. Вивчення методів розрахунку комплексних екологічних індексів якості поверхневих вод, індексу сапробності за фітопланктоном, індексу Вудівісса, індексу Гуднайта-Уітлея	4
Практична робота № 2. Екологічна класифікація якості поверхневих вод	10
Практична робота № 3. Визначення оптимальних характеристик підсистем річкових басейнів	16
Практична робота № 4. Розрахунок оптимальних характеристик природних нерестовищ та місць зимівлі риби у річкових екосистемах (за Грибом Й. В.)	28
Практична робота № 5. Методика побудови порівняльної діаграми екологічного стану водних об'єктів	31
Практична робота № 6. Розрахунок розподілу маси домішок, що виносяться поверхневим стоком із сільськогосподарських угідь, урбанізованих територій стічними та зливовими водами	37
Практична робота № 7. Визначення типів сукцесій гідробіоценозів малих річок	47
Практична робота № 8. Методика визначення коефіцієнта розвитку заплави (за Фащевським Б.В.)	52
Практична робота № 9. Екологічне обґрунтування доочищення стічних та зливових вод	55
Практична робота № 10. Визначення еколого-економічної ефективності заходів з оздоровлення річкових екосистем, порушених гідротехнічним та меліоративним будівництвом	58
Практична робота № 11. Вибір оптимальних стратегій оздоровлення басейнів річок з явищами стагнації та кризовим режимом	63
Список використаної літератури	77

Практична робота №1
Вивчення методів розрахунку комплексних екологічних
індексів якості поверхневих вод, індексу сапробності за
фітопланктоном, індексу Вудівісса, індексу
Гуднайта-Уїтлея

Мета роботи. Ознайомити студентів з методами розрахунку комплексних екологічних індексів якості поверхневих вод, індексу сапробності по фітопланктону, індексу Вудівісса, індексу Гуднайта- Уїтлея.

Теоретична частина. 1. Комплексний екологічний індекс стану річкових екосистем, запропонований у 1991 році Й.В.Грибом, визначається у залежності від чисельності визначуваних параметрів (гідрохімічних (I_A), трофо-сапробіологічних (I_B) й токсикологічних (I_C))

$$I_e = \sum \frac{C_{i\text{факт}}/C_{i\text{опт}}}{n} \quad (1.1)$$

де $C_{i\text{факт}}$ - фактична концентрація i -го гідрохімічного або трофо- сапробіологічного фактору; $C_{i\text{опт}}$ - оптимальна (або ГДК) концентрація i -го гідрохімічного або гідробіологічного фактору; n - кількість показників.

Примітка: якщо фактор позитивний (вміст розчиненого кисню), то у формулі (1.1) $C_{i\text{опт}}/C_{i\text{факт}}$.

У випадку наявності токсичних домішок можна скористуватись формулою (1.1), однак з урахуванням ГДК

$$I_{mk} = \sum \frac{C_{i\text{факт}}/C_{i\text{опт}}}{n} \alpha \quad (1.2)$$

де a - відклик екосистем на токсичність у випадках важких металів, a - визначається по відношенню до контролю чистої проби за БСК₅; Кожен випадок заморів у річках необхідно приймати як кризовий стан (нарівні колапсу $I_e=55,0$). Тоді комплексний екологічний індекс стану водних екосистем визначається за формулою (1.1) або (1.3)

$$I_{\lambda} = \frac{I_{Amax} + I_{Bmax} + I_{Cmax}}{3}, \quad (1.3)$$

$$I_e = \sqrt[3]{I_{rx} \cdot I_{rb} \cdot I_{mk}} \quad (1.4)$$

В екологічній класифікації значення I_e для п'яти класів води складають: I клас - $< 1,0$ (природні сингетичні сукцесії ГБЦ еталон; II клас - $< 3,0$ (розхитування системи); добрий стан — III клас - $< 8,0$ (випадіння окремих видів); задовільний стан IV клас - $< 21,0$ (порушення трофічних зв'язків); V клас - $> 21,0$ (колапс, екологічна криза), (Гриб, 1993).

2. *Індекс сапробності за фітопланктоном.* В гідробіологічних дослідженнях використовується метод індикаторних організмів Пантле і Букк в модифікації Сладечека.

Метод включає визначення відносної щільності гідробіонтів (h) і їх індикаторної значимості (S). Визначення (h) проводять за візуальною шкалою: 9,0 - в полі зору багато організмів; 7,0 - часто зустрічаються в кожному полі зору; 5,0 - нерідко; 3,0 - дуже рідко; 1,0 - поодинокі. Індикаторну значимість (S) і зону сапробності визначають за списками сапробних організмів.

Індекс сапробності за фітопланктоном в модифікації Пантле і Букк розраховують за формулою:

$$f = \frac{\sum(sh)}{\sum h} \quad (1.5)$$

Для статичної достовірності необхідно, щоб у пробі було не менше 12 індикаторних видів із загальною сумою щільності $h = 30$. (Protosoa, Rotatoria, Cyanophitu),

В тому випадку, коли в пробах, відібраних на одному місці, вивчаються декілька різних груп біоценозу, то розрахунок ведуть за формулою

$$f_m = \frac{s_1 \sum h_1 + s_2 \sum h_2 + s_3 \sum h_3 + \dots + s_n \sum h_n}{\sum h_1 + \sum h_2 + \sum h_3 + \dots + \sum h_n} \quad (1.6)$$

де f_m - середній індекс; S_1, S_2, S_3 - індекс сапробності окремих співтовариств (макрофлора, макрофауна обростання) або декілька проб одного співтовариства; h_1, h_2, h_3 - суми значень щільності окремих співтовариств або декількох проб одного співтовариства.

Величину індикаторної значимості (S) визначають за такими даними

Таблиця 1.1

Індикаторні організми	S	Умовні позначення сапробної зони
Організми ксекосапробної	0	X
Організми олігосапробної	1	O
Організми	2	β
Організми	3	α
Організми полісапробної	4	P

Порядок виконання роботи

Приклад розрахунку

Розрахувати індекс сапробності за фітопланктоном в модифікації Пантле і Букк.

$$f_m = \frac{116}{52} = 2,23$$

Таблиця 1.2

Види індикаторних організмів

№	Індикаторні організми	S	h	Sh
1.	Euglenaviridis	4	1	4
2.	Vorticidlacõnvalaria	3	3	9
3.	Zooglearamigera	4	5	20
4.	Oscilatoriapuriola	4	1	4
5.	Glosteriumacerosum	3	3	9
6.	Stentorcouruleus	3	7	21
7.	Jarveseratiomys	3	1	3
8.	Paramaeciumbursaria	2	3	6
9.	Spirogiracrassa	2	5	10
10.	Cladophoracrispata [^]	2	7	14
11.	Cyclotellabodanica	1	1	1

12.	Tabellariaflocculosa	1	3	3
13.	Planariagonocephala	1	5	5
14.	Jehaheaanulata	1	7	7
			Σh=52	ΣS.h=116

Висновок: зона сапробності - β-мезосапробна.

Ксеносапробна зона визначається за індексом: I клас - 0-0,50; олігосапробна - II клас - 0,57-1,50; бета-мезосапробна - III клас - 1,5 - 2,50; альфа-мезосапробна - IV клас - 2,50-3,50; полісапробна - V клас -3,51-4,00.

3. *Визначення індексу Вудівісса* для біотестування мільководних та нешироких річок з добре розвинутою водною рослинністю.

Система сапробності дозволяє прослідкувати черговість зникнення і повторної появи організмів, водоростей, найпростіших, мікробезхребетних і риб (в залежності від впливу забруднюючих речовин).

За базу досліджень Вудівіссом прийняті мікробезхребетні організми бентосу: веснянки, поденки, ручейники, тубіфіциди, частота їх виявлення в пробах.

Значення біотичного індексу Вудівісса змінюється від 1, 2, 3, 4 (забруднені води) до 10,0 (чисті води).

У екологічній класифікації якості річкових вод це значення становить: забруднені води - <4,5; чисті - > 4,5 до 10,0 (Гриб, 1991).

. Значення індексів таксономічних груп приведені в табл. 3
Індекс Вудівісса розраховуємо за формулою

$$I_{B_{\text{udivissa}}} = \sum X_i / n \quad (1.7)$$

де x_i – значення індексів індикаторних організмів; n – кількість виявлених індикаторних організмів.

Таблиця 3

Класифікація біологічних проб для визначення індексу
Вудівісса

Вода	Наявність індикаційних груп	Кількість видів індекси індикаційних груп	Біотичні індекси при наявності агаль-ного числа груп				
			0-1	2-5	6- 10	11- 15	16
Чутливі до забруднення	Личинки	Більше одного виду	-	7	8	9	10
	Веснянок наявні	Тільки один вид	-	6	7	8	9
	Личинок подеенок	Більше одного виду	-	6	7	8	9
	наявності	Тільки один вид	-	5	6	7	8
	Личинки	Більше одного виду	-	5	6	7	3
	Ручейників наявні	Тільки один вид	4	4	5	6	7
Забруднена	GammarusAs ellus	Всі згадані вище види	3	4	5	6	7
		відсутні	2	3	4	5	6
		відсутні	1	2	3	4	-
	Личинки мотиля						
	наявні		0	1	2	2	-

4. *Визначення індексу Гуднайта-Уїтлея* (за крупними таксонами). Гуднайт та Уїтле провели індикацію стану водного середовища по виявленню організму бентосу, що визначають забруднення – олігохет (за частотою виявлення) у відсотках до усіх виявлених видів донних організмів. Шкала вимірювань – від 0-100% Забрудненим водам відповідають значення від 66 до 100%, чистим до 60%.

Числові значення індексу Гуднайта-Уїтлея доопрацьовані науковим співробітником Інституту гідробіології мартиною Є.Г., а періодичність значень у пентасистемній класифікації – Грибом Й.В.

Таблиця 4

Відповідність індексів Гуднайф-Утля індексам сапробності та зонам сапробності

Зона сапробності	Індекс сапробності за Пантле та Букк	Індекс Гуднайта-Уітля (відсотки олігохен)
Олігосапробна	0,5-1,5	до 30,0
β -мезосапробна	1,5-2,5	30,0-60,0
β,α -мезосапробна	2,5-3,5	70,0-80,0
полісапробна	3,5-4,0	80,0

Таблиця 5

Відповідність індексів Гуднайта-Уітля екологічним індексам якості води

Екологічний клас	Індекс сапробності за Пантле та Букк	I_e	Індекс Гуднайф-Уітля (відсотки олігохен)
I	0,7	1,0	15,0
II	1,4	3,0	30,0
III	2,2	8,0	45,0
IV	3,3	21,0	66,0
V	>3,3	>21,0	>66,3

Приклад розрахунку I_e .

$$I_A = I_{rx} = C_{\text{факт}} / C_{\text{опт}} = 8,0 / 3,2 = 2,8 \quad I_B = I_{rb} = C_{\text{факт}} / C_{\text{опт}} = 7,1 / 2,0 = 3,5$$

$$I_c = I_{mk} = (C_{\text{факт}} / C_{\text{ГДК}}) * \alpha = (40 / 2) * 0,1 = 2,0$$

$$I_e = \frac{I_{rx} \cdot I_{rb} \cdot I_{mk}}{3} = \frac{2,8 + 3,5 + 2,0}{3} = 2,76$$

Завдання:

1. Визначити екологічні індекси I_{rx} , I_{rb} , I_{mk} , I_e .
2. Визначити індекс сапробності.

3. Визначити індекс Вудівісса.
4. Визначити індекс Гуднайта-Уітлея.

Питання для самоконтролю

1. *Як ви розумієте трофічні зв'язки у водному середовищі?*
2. *Як розрахувати індекс сапробності за фітопланктоном?*
3. Як розрахувати Індекс Вудівісса?
4. Як розрахувати індекс Гуднайта-Уітлея?

Практична робота № 2

Екологічна класифікація якості поверхневих вод

Мета роботи. Ознайомитися з нормативними документами класифікацій якості води, навчитися користуватися ними з метою визначення придатності водного об'єкту для водокористування.

Теоретична частина. Під якістю води розуміють кількісну характеристику її складу та властивостей, що визначають її біологічну повноцінність - можливість забезпечення функціонування основних ценозів екологічної системи, що сформувалась у процесі еволюції та придатність її для конкретних видів водокористування (Строганов, 1972, Телітченко, 1975, Тарасов, 1993). Однак комплексна оцінка якості води (водогосподарська та екологічна) часто не співпадають, що і лежить в основі розбіжностей багатьох класифікацій.

Водогосподарська якість води - це перелік нормативних характеристик або їх комплексу, які відповідають природному складу домішок та фізико-хімічних властивостей водного об'єкту у відповідності до вимог певного виду водоспоживання (питного, технічного, іригаційного, рекреаційного, рибогосподарського тощо).

Якість води екологічна - це перелік (сукупність) характеристик речовини та енергії, концентрації яких лімітують певні можливості фотосинтезу мікроводоростями первинної органічної речовини, видове різноманіття біоти та біопродуктивності ценозів, що сформувались під впливом еволюції водного об'єкту та господарської діяльності людини.

В основі екологічної класифікації якості води річкових басейнів покладені такі принципи:

➤ принцип В. І. Вернадського: міграція хімічних елементів на земній поверхні і в біосфері у цілому проходять при безпосередній участі живої речовини, або ж вона протікає у середовищі, геохімічні особливості котрого обумовлені живою речовиною (вміст розчиненого кисню, двоокису вуглецю, сірководню, окисів азоту);

➤ принцип дзеркального відтворення інформаційного поля живої матерії: пентасистемність живої матерії, відповідність значень;

➤ характеристик якості води „золотому перетину” та „золотому кореню”, математичного ряду чисел Фібоначчі для біологічних процесів (Й.В. Гриб, 1992);

➤ принципу гармонійності характеристик інформаційного поля (Й. В. Гриб, 1992);

➤ наявність тісних парних кореляційних зв'язків між бактеріологічними та гідробіологічними характеристиками стану водних біоценозів;

➤ якщо характеристики якості води придатні для двох неспоріднених гідробіонтів, то вони придатні і для неспорідненого третього.

У цілому екологічною характеристикою якості води можна назвати кількісні значення нормованих величин, що визначають якісний стан просторового розподілу матерії.

У природі немає класів, є тільки норма, закономірний біологічний та віковий цикл розвитку сукцесій біоценозів і патологія (порушення).

За екологічну норму можна прийняти оптимальні (стартові) умови розвитку мікроводоростей, що складають базу для первинного фотосинтезу ними органічної речовини у водному середовищі (1 клас, норма, оптимум; Ульман, Альбрехт, Томас, 1947).

Серед нормативних характеристик нами визначено значення стартових умов розвитку ценозу: $C_{\text{орг}}$ - до 20,0 мгО/дм³ (за ХСК), азот мінеральний - до 0,7 мг М/дм³; фосфор мінеральний - 0,045 мгР/дм³. Нормативні величини визначені за результатами

моніторингу не порушених ділянок річкових басейнів та кореляційного аналізу.

Значення характеристик наступних класів (2, 3, 4 5) визначаються шляхом множення значень відповідних характеристик попереднього класу на значення „золотого кореня” -1,618 (крім рН), перші два класи шляхом подвоєння.

Порівнювальний графік пентасистемної характеристики якості річкових вод по ряду чисел Фібоначчі і еколого-санітарній класифікації якості вод за Жукинським В.Н. та співавтором приведений на рис. 2.1. Графічний варіант екологічної класифікації якості поверхневих вод поданий на рис. 2.2

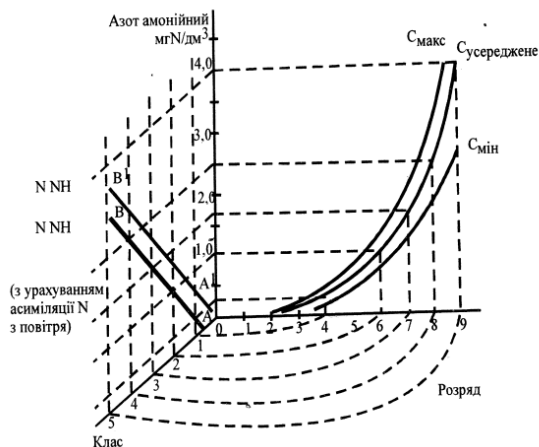


Рис.2.1. Вирівнювання вмісту азоту амонійного та отримання графічної залежності у пентасистемі

Умовні позначення: 1 - фактичні максимальні значення вмісту азоту амонійного, 2 - мінімальне значення, 3 - усереднене (вирівняне значення), АВ - вирівняна пряма у пентасистемній класифікації, А'В' - вміст азоту амонійного з урахуванням асиміляції азоту з атмосфери

Обладнання і прилади

1. Міліметровий папір.
2. Калькулятор.
3. Готовальня.

Таблиця 2.1

Варіант екологічної класифікації якості поверхневих вод за гідробіологічними характеристиками з урахуванням засвоєння вільного азоту мікрободоростями

Показники	Класи			
	I	II	III	IV
Біомаса Фітопланктону, мг/л	3.0	6.0	90	13.0
Індекс сапробності за	1.2	2.0	25	3.3
Індекс Вудівісса	7.5	6.0	45	2.3
Індекс Гуднайта-Уітлея	15.0	30.0	45.0	66.0
Індекс самоочищення, діб	0.85	0.70	0.45	0.34
Індекс самозабруднення, діб	0.5	1.50	2.25	3.30
Загальне мікробне число,	2.7	5.4	8 1	12.4
Чисельність бактерій групи кишкової палички, тис.кл/м ²	9.0	18.С	27.0	40.0
Чисельність гетеротрофних бактерій, тис. кл/мл	4.5	9.0	13.5	21.0
Рівень зворотної реакції	15.0	30.0	45.0	66.0

Порядок виконання роботи

Комплексний екологічний індекс (I_e) розраховується за формулою

$$I_e = \frac{\sum F_{\text{факт}}}{\sum F_{\text{опт}}} (2.1)$$

де $\sum F_{\text{факт}}$ – фактичні значення трофо-сапробіологічних характеристик (БСК5, ПО, БО, ІНД тощо); $\sum F_{\text{опт}}$ – оптимальні значення трофо-сапробіологічних характеристик - приймаються за I класом якості води.

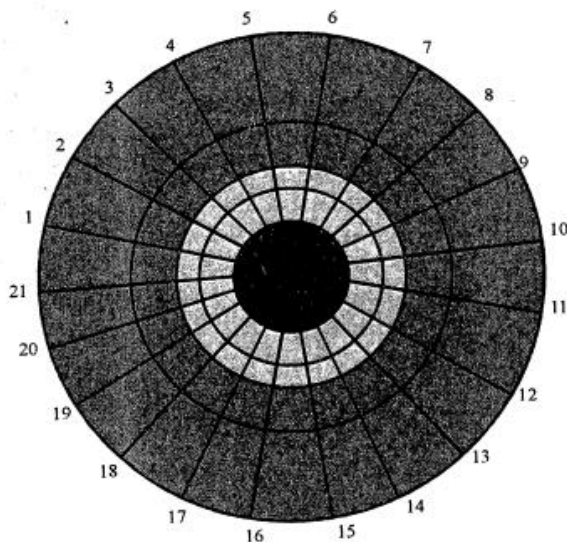


Рис. 1.2. Приклад графічного варіанту екологічної класифікації якості поверхневих вод.

Умовні позначення і ціна ділення шкал - радіусів інформаційного поля: I, II, III, IV, V - класи якості; 1 - розчинений кисень, % насичення киснем, екстремальні значення характеристик 100,0-10,0, ціна ділення шкали - 10,0; 2 - фосфати, мгР/л, 0,00-0,27, 0,03; 3 - азот нітритний, мгN/л, 0,00-0,135, 0,15; 4 - азот нітратний, мгN/л, 0,0-4,50, 0,50; 5 - азот амонійний, мг N/л, 0,00-4,50, 0,50; 6 - БСК₅, мг O₂/л, 0,0-9,90, 1,0; 7 - окислюваність перманганатна, мгO₂/л, 0-45,0 5,0; 8 - хімічне споживання кисню за біхроматно окислюваності, мгO₂/л, 0,0-177,0, 13,0; 9 - завислі речовини, мг/л, 0,0-90,0 10,0; 10 - мінералізація, мг/л, 0,0-3000, 0,3330; 11 - загальне мікробне число, млн.кл./мл, 0,0-16,2, 1,8; 12 - численність гетеротрофних бактерій, тис.кл./мл/мл, 0,0-27,0, 3,0; 13 - чисельність бактерій групи кишкової палички, тис.кл./мл, 0,0-54, 0,60; 14 - рівень зворотної реакції біотесту, %, 0,0-90,0 10,0; 15 - індекс самозабруднення, діб, 0,0-4,5, 1,0; 16 - індекс самоочищення, діб, 1,0-0,1, 0,1; 17 - індекс Гуднайта-Уітлея, % 0,0-90,0, 10,0; 18 - індекс Вудівісса, од.,

9,0-1,0, 1,0; 19 - індекс сапробності за фітопланктоном, од.,
0,0-4,5, 0,5; 20 - біомаса фітопланктону, мг/л, 0,0- 18,0,2,0

Таблиця 2.2

Вихідні дані

Характеристики	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Розчинений кисень	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0
БСК5, мгО /дм ³	7.5	5.0	10.0	8.0	4.0	6.0	5.0	3.0	2.5	2.0
ПО, мгО /дм ³	20.0	30.0	18.0	21.0	23.0	20.0	18.5	16.0	14.3	12.0
БО, мгО /дм ³	23.0	45.0	26.0	29.0	32.0	30.0	24.0	23.0	20.0	18.0
NH ₄ ⁺ мгN/дм ³	3.0	2.0	1.5	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7	0.3
NO ₂ ⁻ мгN/дм ³	0.05	0.05	0.03	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01
NO ₃ ⁻ мгN/дм ³	2.5	2.6	3.0	3.5	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
PO ₄ ³⁻ мгP/дм ³	0.15	0.18	0.16	0.14	0.12	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06
Завислі речовини	50.0	40.0	35.0	30.0	35.0	20.0	25.0	15.0	18.0	20.0
Загальне мікробне число, млн.кл/мл	10.0	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.5	3.3	3.0
Кільк.мікроорг. групи	2.0	1.5	3.5	3.0	2.5	4.0	3.5	3.8	4.5	3.0
Чисельн. гетеротрофних	2.0	150	10.0	10.5	9.0	8:5	10.0	1.0	9.0	8.0
Індекс сапробності за фітопланктоном	3.1	3.0	2.9	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	2.3	2.2
Біомаса фітопланктону мг/дм ³	9.5	9.0	8.0	7.0	6.0	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0

Примітка: Якщо фактор трофо-сапробіологічних характеристик позитивний, то $I_e = F_{\text{опт}}/F_{\text{факт}}$ Якщо фактор трофо-сапробіологічних характеристик негативний, то $I_e = F_{\text{факт}}/F_{\text{опт}}$

Після визначення комплексного екологічного індексу (I_e) можна визначити клас якості води, стан водного середовища і рівень антропогенного навантаження:

$I_e = 1.0$; I клас якості води, еталонний стан, рівень антропогенного навантаження — нормальні сенгетичні сукцесії;

$I_e = 1.0-3.0$; II клас якості води, стан добрий, рівень антропогенного навантаження - розхитування екосистеми;

$I_e = 3.0-8.0$; III клас якості води, стан задовільний, рівень антропогенного навантаження - випадання особливо чутливих видів з екосистеми;

$I_e = 8.0-21.0$; IV клас якості води, стан перехідний, рівень антропогенного навантаження - порушення трофічних зв'язків у екосистемі;

$I_e = 21.0$ і більше; V клас якості води, стан незадовільний, рівень антропогенного навантаження – криза/

Питання для самоконтролю

1. Що таке якість води водоспоживча і екологічна?
2. Які принципи покладені в основу екологічної класифікації якості води річкових басейнів?
3. Що приймається за екологічну норму при визначенні якості води?
4. Як визначити комплексний екологічний індекс I_c ?
5. Як визначити рівень антропогенного навантаження на досліджувану водну екосистему?
6. Як визначити клас екологічної якості води?

Практична робота № 3 **Визначення оптимальних характеристик** **підсистем річкових басейнів**

Мета роботи. Ознайомитися з граничною межею антропогенного порушення екосистем річкових басейнів, а також методикою визначення оптимальних параметрів лісистості, рівня залуженості та інших стандартних характеристик підсистем.

Теоретична частина. Згідно з принципом відповідності якісного і кількісного складу біоти умовам природного середовища стан річки визначається станом утримання поверхні водозбору, фізико-географічними умовами формування поверхневих вод і підземного стоку та компенсаційними природоохоронними заходами, які приймаються суспільством. Однак до цього часу не відтворено ні однієї порушеної річкової екосистеми, яка змогла б дати рівнозначну природній

продуктивність та різноманітність видів водної біоти, незважаючи на значні витрати коштів, матеріалів та енергії.

Тому економічно більш вигідно формувати таке регульоване антропогенне навантаження на річкові басейни, що дозволяло б функціонувати самій екосистемі без видимих її змін. Межею антропогенних порушень екологічних зв'язків є господарське освоєння 40 % басейну, однак уже при цьому ландшафт знецінюється. Наступають явища стагнації екосистем, яка зростає при подальшому порушенні енергетичних зв'язків. Граничною межею є 50 % освоєння території.

Фактично в Україні лише розораність території складає 56,7 %, окрім того, значну частину займають урбанізовані території та промислові майданчики, дороги, кар'єри тощо.

За вихідні принципи оптимізації структурно-функціональної організації річкових басейнів прийнято наступне:

а) баланс природних чинників (біогеоценозів поверхні водозбору) та факторів управління (компенсаційних природоохоронних заходів) повинен бути вищим або рівним антропогенним чинникам та факторам;

б) визначальним ключем у структурно-функціональній організації ландшафтів є оптимальна лісистість річкових басейнів, розрахована за методикою 8761' йцфуІКВЕАПН7РГ8ОШ9ЛЦ0Д-3. (Український науково-дослідний інститут лісового господарства ім. Висоцького) (рис. 5.1).

Визначення стандартних характеристик підсистем річкових басейнів

1. Визначення оптимальної лісистості (ліс). В основі лежить математичне моделювання впливу лісонасаджень на основні складові водного балансу річкового басейну: атмосферні опади (О), поверхневий стік (СП), сумарне випаровування (В) з визначенням однієї складової водного балансу — величини підземного річкового стоку (СГ)

$$АСГ = АО - АСП - АВ, (3.1)$$

Підземний стік є сумарним показником водорегулюючої ролі лісу (Міхович 1986, Молчанов А. А. 1960). Для кількісної оцінки

необхідно користуватись даними гідрометеослужби (Довідники, щорічники гідрометеорологічних спостережень).

2. *Визначення оптимальної залуженості (зал).*
Картографічний метод - по ширині прируслової заплавної тераси і довжині водотоку.

Концепція: допустима межа антропогенного освоєння - 50 % басейну, а решта - природні території.

Визначається оптимальне залуження за рівнянням матеріального балансу чинників і факторів

$$Zal_{opt} = (P_{вас} - 50\%/100\%) - P_{ніс.} \sim P_{бол.} \sim P_{оз.} \sim P_{вод.дзер.} \quad (3.2)$$

3. *Забезпеченість водою місцевого стоку (ЗВ).*
Розраховується за середньорічним стоком річки 50% рівня забезпеченості, а також по витратах 95% забезпеченості (для локально- кризових ситуацій) відносно водоспоживання.

4. *Межа розораності (Р).* Розраховується за рівнянням матеріального балансу чинників порушених і непорушених територій

$$R_{opt.} = 100 - (P_{у.} P_{пт.} - P_{д.} - P_{н.} - P_{з.о.} (P_{opt.ліс.} - P_{opt.зал.} - P_{opt.з.})), \%, \quad (3.3)$$

де $R_{opt.}$ - оптимальна розораність; $P_{у.}$ - урбанізовані території, (%); $P_{пт.}$ - порушені території, $P_{д.}$ - дороги, (%); - неугіддя, (%); $P_{з.о.}$ ~ заповідні об'єкти, (%); $P_{opt.з.}$ - оптимальна залуженість, (%.); $P_{opt.ліс.}$ - оптимальна лісистість, (%); $P_{opt.з.}$ - оптимальна заболоченість, (%).

5. *Забезпеченість ріллею (ЗР).* Прийнято 1.0 га ріллі на одну людину.

2. *Щільність населення (ЩН).* Прийнято за наявним забезпеченням ріллею 57.0 чол./км².

1. *Рівень індустріалізації (РІ).* Прийнято за навантаженням невлонюваних викидів шкідливих речовин у атмосферу від локалізованих джерел (еталон розповсюдження викидів над екологічно чистими районами - до 0.02 т/рік км²),

Рівень урбанізації (РУ). Прийнято умовно по співвідношенню міського і сільського населення - 50:50=1 або за відношенням територій під забудовою (факт) до еталону. За еталон приймаються статистичні дані з урбанізації для даної кліматичної зони чи басейну річки.

1. Рівень очищення стічних вод - 100 % (РОСВ).

2. Економія свіжої води -100 % (безстічні виробництва) (ЕСВ).

3. Створення резервних і заповідних територій з обмеженим режимом природокористування - 4.0- 4.3 % в Україні, (ЗТ).

4. Буферна ємність (БЄ)

$$БЄ = 1.0/ Іе. \quad (3.2)$$

Таблиця 3.1

Значення одиниці масштабної сітки екологічних радіусів для території України (для побудови колових діаграм)

№ з/п	Чинники	Розмірність	Значення
1.	Лісистість	%	20.0 (за розрахунками для кожного басейну)
2.	Залуженість	%	30.0 (за розрахунками для кожного басейну)
3	Забезпеченість водою	км ³ /рік	30.0
4.	Розораність	%	30.0(за розрахунками для кожного району)
5.	Забезпеченість ріллею	га/люд	1.0 (за родючістю)
6.	Густота населення	люд /км ²	57.0 (за забезпеченістю ріллею)
7.	Індустріалізація	т /рік/км ²	0.02 (за викидами в атмосферу)
3.	Урбанізація	%	50.0:50.0
9.	Ефективність очищення стічних вод	%	100.0
10.	Економія свіжої води	%	100.0
11.	Створення заповідних територій	%	4.3

Стан поверхні водозбору річкового басейну (K_e) можна розрахувати за формулою

$$K_e = A / (\Pi + Y) \quad (3.3)$$

де K_e - комплексний екологічний індекс стану поверхні водозбору річки; A — сукупність антропогенних чинників (розораність, урбанізованість тощо); P - сукупність природних чинників (лісистість, заболоченість, озерність тощо); U - сукупність факторів управління (ефективність очищення стічних вод, наявність резервних і заповідних територій тощо).

Діаграма визначення K_e подана на рис. 3.1.

Дуже важливим показником з стандартних характеристик підсистем річкових басейнів є лісистість.

Приклад розрахунку оптимальної лісистості для р. Лопань

Річка Лопань до м. Підгородня (Харківська обл., лісостепова зона) має поверхність водозбору 762 км². Існуюча лісистість території - 1 %. Опадів у басейні випадає 582 мм, сумарний річковий стік складає 104 мм., у тому числі поверхневий - 92 мм., підземний - 12 мм. Сумарне випаровування з території водозбору - 478 мм.

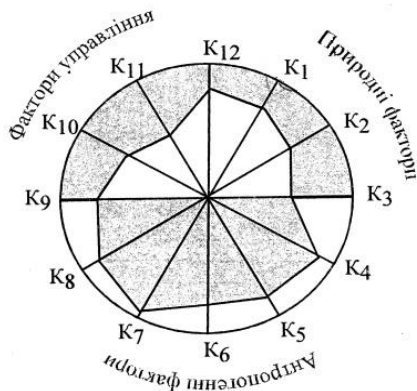
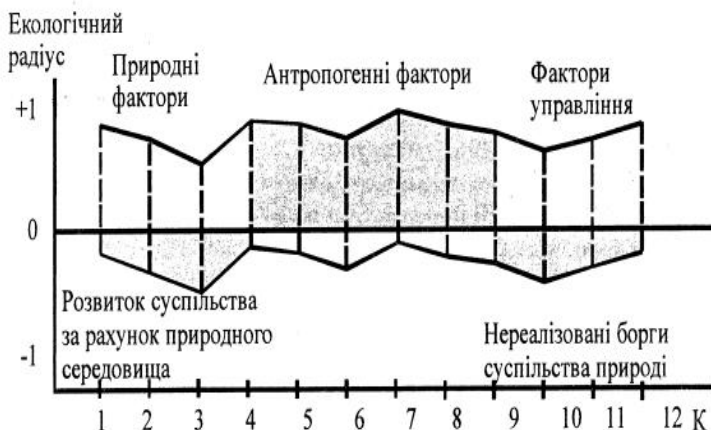


Рис. 3.1. Значення факторного K_i :

K_1 - залісненість, K_2 - залужненість, K_3 - забезпеченість водою місцевого стоку, K_4 — розораність, K_5 — забезпеченість населення орним клином, K_6 — щільність населення, K_7 - індустріалізація, K_8 - реалізація, K_9 — очистка стічних вод, K_{10} - економія свіжої води, K_{11} - утворення

заповідних і резервних територій, К12 — підвищення ємності річкової

Рис.3.2 Кругова і лінійна діаграма комплексної оцінки стану басейну річки гіпотетичного регіону



Таблиця 3.2

Варіант екологічної класифікації стану поверхні водозбору річкових басейнів

Стан поверхні водозбору	Комплексний екологічний індекс стану поверхні водозбору (К _е)		
	Полісся	Лісостеп	Степ
Добрий	0.5	0.75	1.0
Задовільний	2.0	3.0	5.0
Перехідний	8.0	10.0	16.0
Поганий	21.0	27.0	40.0

Згідно з територіальними нормативами (табл. 3.3) впливу лісу на складові водного балансу кількість опадів у Харківській області при повному залісенні території (100%) збільшиться на 4.0 %, тому

$$O = 582 \text{ мм} \cdot 0.04 = +23.28 \text{ мм}.$$

Поверхневий стік зменшиться в середньому по водозбору на 78%, тобто СП = 92 мм x 0.78 = ~ 71.76 мм.

Таблиця 3.3

Територіальні нормативи збільшення атмосферних опадів (+О), зменшення поверхневого стоку (-СП) та збільшення сумарного випаровування (+В) під впливом лісонасаджень при 100%-ній лісистості

№ з/п	Область	О% річної суми	СП, % річної величини	В, приріст, мм
1.	Волинська	9,9	50.0	87.0
2.	Рівненська	9,8	50.0 (65 - півден.	87.0
3.	Житомирська	9,2	55.0 (73 - півден.	87.0
4.	Київська: північна частина	8.0	55.0	86.0
	південна частина	6,8	77.0	73.0
5.	Чернігівська	7.6	77.0 (60 - півден.	85.0
6.	Сумська	6,4	75.0(60 - півден.	82.0
7.	Львівська	8,8	65.0	81.0
8.	Тернопільська		65.0	77.0
9.	Хмельницька	7,6	75.0(65 -	69.0
10.	Вінницька	7,1	80.0 (77- півден. частина)	66.0
11.	Черкаська	6.5.	80.0	71.0
12.	Полтавське.	6,3	80.0	73.0
13.	Харківська	4,0	80.0 (78 — півн. частина)	74.0
14.	Кіровоградська	5,6	85.0	63.0
15.	Одеська	4,3	85.0	63.0
16.	Миколаївська	4,3	85.0	62.0
17.	Дніпропетровська	4,3	85.0	67.0
18.	Запорізька	3,5	85.0	57.0
19.	Донецька	3,5	80.0	62.0
20.	Луганська	3,2	85.0 (86 -	68.0

Сумарне випаровування (В) збільшиться по водозбору з урахуванням участі соснових та дубових лісів на +74 мм. Збільшення величини підземного стоку внаслідок цього становитиме +21.04 мм.

$$СГ=+О-СП-В=+23.28-(-77.76)-74=23.28+71.76-74=+21.04 \text{ мм.}$$

Тоді

$$СРС= СГ+ СП=21.04+(-71.76)=-50.72 \text{ мм}$$

СРС - сумарний річний стік

Таким чином, для річки Лопань у Харківській області складові водного балансу при 100% лісистості такі: $0=+23.28$ мм; $СП=-71.76$ мм; $СГ=+21.04$ мм; $СРС=-50.72$ мм; $V=+74$ мм (табл. 3.5).

Після розрахунку величин складових водного балансу при 100% лісистості розрахунок продовжують, використовуючи математичну модель залежності зміни складових водного балансу від лісистості території, % від максимального змінення, одержаного при 100% лісистості (табл. 3.4).

Згідно з математичною моделлю (табл. 5.4) при лісистості водозбору, наприклад, 80% приріст опадів буде такий, як і при 100% лісистості, тобто $+23,28$ мм, зменшення поверхневого стоку - 99.4% тобто: $(-71.76 \cdot 0.994 = -71.26)$ мм і збільшення сумарного випаровування - 96.6% тобто: $(+74.00 \cdot 0.966 = +71.48)$ мм). Зміна підземного стоку при лісистості 80% дорівнюватиме

$$СГ=0-СП - B =+23.28-(-71.26)+71.48=+23.06 \text{ мм,}$$

а сумарний річковий стік становитиме

$$СРС = СГ+СЛ=-71.26+23.06=-48.20 \text{ мм.}$$

Розрахунок необхідно виконати починаючи від 100% лісистості аж до 1% лісистості. Після отримання таблиці змін водного балансу при лісистості на водозборі р. Лопань до

м.Підгородня (100% - 1 %) знаходимо максимальний приріст величини підземного стоку, що і відповідає оптимальній лісистості.

Виходячи з розрахунку, наведеного в табл. 5.5, максимальний приріст величини підземного стоку ($+35.02$) буде при лісистості 25%, тому оптимальною лісистістю для р. Лопань до м.Підгородня в Харківській області є 25% лісистості.

Порядок виконання роботи

1. Виходячи з вихідних даних, визначити ступінь антропогенізації, комплексний екологічний індекс (K_e) та стан річкових басейнів.

2. Розрахувати оптимальну лісистість для річок: Устя, Веселуха, Зульня, Случ, Корчик.

Таблиця 3.4

Залежність зміни складових водного балансу від лісистості територій, % від максимального змінення, отриманого при 100% лісистості

Лісис- тість, %	Зміни приросту опадів, %	Зміни поглинання поверхневого стоку, %		Зміни приросту сумарного випаровування. %	
		Полісся, Лісостеп	Степ	Полісся, Лісостеп	Степ
100	100	100	100	100	100
95	100	99.9	100	99.4	99.4
90	100	99.8	99.8	98.8	98.8
85	100	99.6	99.6	98.0	98.0
80	100	99.3	99.4	96.6	96.6
75	100	98.8	99.2	94.5	94.5
70	99.8	97.9	99.0	91.9	91.9
65	99.6	97.0	98.5	89.1	89.1
60	99.5	95.7	98.1	86.1	86.1
55	99.3	94.0	97.7	82.8	82.8
50	99.2	90.8	97.3	78.6	78.6
45	99.1	87.2	97.0	73.5	75.0
40	99.0	82.9	96.3	67.1	71.0
35	98.7	77.0	95.3	60.2	67.0
30	98.0	70.2	94.0	52.1	62.0
29	97.7	68.6	93.7	50.3	61.0
28	97.5	67.0	93.2	48.6	60.0
27	97.0	65.4	92.8	46.8	58.5
26	96.6	63.7	92.2	44.9	57.0
25	96.0	62.0	91.7	43.0	56.0
24	95.6	60.0	91.1	41.1	55.0
23	95.0	58.0	90.4	39.0	54.0
22	94.0	55.9	89.6	37.3	53.0
21	93.0	53.8	88.9	35.3	52.0
20	92.0	51.6	87.9	33.4	50,7
19	90.6	49.3	87.0	31.5	49.3
18	89.0	47.2	85.7	29.7	48.0

17	87.0	45.0	84.5	27.9	46.8
16	85.0	42.5	83.0	26.0	45.5
15	81.4	40.0	81.5	24.0	44.0
14	77.0	37.5	79.6	22.4	42.8
13	71.8	35.3	77.6	20.6	41.5
12	64.5	33.0	75.7	18.8	40.0
11	56.0	30.5	73.4	17.1	38.0
10	48.0	28.0	71.0	15.4	35.9
9	41.0	25.5	68.5	13.7	33.2
8	35.0	22.6	66.0	12.1	31.6
7	29.0	19.8	62.4	10.5	28.0
6	24.0	17.0	58.0	9.0	24.8
5	19.0	14.5	53.0	7.5	21.4
4	14.9	11.5	47.0	6.1	18.0
3	11.0	8.8	38.0	4.7	14.0
2	7.0	6.0	26.4	3.2	9.6
1	3.0	3.0	15.0	1.7	5.0

Таблиця 3.5

Зміна водного балансу при різній лісистості на водозборі р.Лопань до м.Підгородня, (8=762 км², ліс=1%. Баланс: 0=582 мм, СП=92 мм, СГ=12 мм, В=478 мм)

Лісистість, %	О, мм	СП, мм	В, мм	СГ, мм	СГ+СП, мм
100	+23.28	-71.76	+74.0	+21.04	-50.72
95	+23.28	-71.69	+73.50	+21.41	-50.28
90	+23.28	-71.62	+73.11	+21.79	-49.83
85	+23.28	-71.47	+72.50	+22.33	-49.24
80	+23.28	-71.26	+71.48	+23.06	-48.20
75	+23.28	-70.90	+69.91	+24.25	-46.65
70	+23.28	-70.95	+68.01	+25.47	-44.78
65	+23.19	-69.61	+65.93	+26.87	-42.74
60	+23.16	-68.67	+63.71	+28.12	-40.55
55	+23.12	-67.45	+61.27	+29.30	-38.15
50	+23.09	-65.16	+58.16	+30.09	-35.07
45	+23.07	-62.57	+54.39	+31.25	-31.32
40	+23.-05	-59.50	+49.65	+32.90	-26.60
35	+22.98	-55.25	+44.55	+33.68	-21.57
30	+22.81	-50.38	+38.55	+34.66	-15.74

29	+22.74	-49.23	+37.22	+34.75 ²	-14.48
28	+22.69	-48.08	+35.96	+34.81	-13.27
27	+22.58	-46.93	+34.63	+34.88	-12.05
26	+22.49	-45.71	+33.23	+34.98	-10.74
25	+22.35	-44.49	+31.82	+35.02	-9.74
24	+22.26	-43.06	+30.41	+34.91	-8.15
23	+22.12	-41.62	+28.26	+34.78	-6.14
22	+21.88	-40.11	+27.60	+34.39	-5.72
21	+21.65	-38.61	+26.12	+34.14	-4.47
20	+21.42	-37.03	+24.72	+33.74	-3.30
19	+21.09	-35.38	+23.31	+33.16	-2.22
18	+20.72	-33.87	+21.97	+32.62	-1.25
17	+20.25	-32.29	+20.65	+31.89	-0.40
16	+19.79	-30.50	+19.24	+31.05	+0.55
15	+18.95	-28.70	+17.76	+29.89	+1.19
14	+17.93	-26.91	+16.58	+28.26	+1.25
13	+16.72	-25.33	+15.94	+26.81	+1.48
12	+15.02	-23.68	+13.91	+24.79	+1.11
11	+13.04	-21.89	+12.65	+22.28	+0.39
10	+11.17	-20.09	+11.39	+19.87	-0.22
9	+9.54	-18.30	+10.14	+17.75	-0.60
8	+8.15	-16.22	+8.95	+15.42	-0.80
7	+6.75	-14.21	+7.77	+13.19	-1.02
6	+5.59	-12.20	+6.66	+11.13	-1.07
5	+4.42	-10.26	+5.55	+9.13	-1.13
4	+3.49	-8.11	+4.51	+7.09	-1.02
3	+2.56	-6.31	+3.48	+5.39	-0.92
2	+1.63	-4.31	+2.37	+3.57	-0.74
1	+0.70	-2.15	+1.26	+1.59	-0.56

Обробка результатів

1. Побудувати колові діаграми стану поверхні водозбору річкових басейнів виходячи з вихідних даних
2. Аналізуючи басейни річок Устя, Веселуха, Зульня, Случ, Корчик побудувати графіки залежності збільшення величини підземного стоку (СГ) від лісистості басейну.

Питання для самоконтролю

1. Які фактори впливають на стан рівноваги річкового басейну?
2. Як визначається оптимальна лісистість? За якими критеріями вона визначається?
3. Яка різниця у структурі річкових басейнів Полісся, Лісостепу та Степу?

4. Чому при оптимальній лісистості величина підземного річкового стоку максимальна?

5. Як визначити стан поверхні водозбору річкового басейну?

Таблиця 3.6

Вихідні дані для визначення стандартних оптимальних характеристик

Характерис-ти ики	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Б водного	0.2	0.	0.5	1.0	0.1	од	0.2	0.1	0.3	0.2
Б басейну (км2)	10	80	15	20	20	80	10	50	30	20
% освоєння	60	50	70	80	40	45	50	50	60	70
Концентрація розчин, кисню, МГО ₂ /ДМЗ при 4°С	5.0	6.0	3.5	2.0	8.0	7.0	6.2	3.0	1.0	2.5
Бболіт, (км2)	3.0	5.	8.0	10.	2.0	2.0	8.0	6.0	1.0	0.5
Розер, (км2)	0.5	0.	1.0	0.8	0.3	0.4	0.3	0.2	0.5	0.6
Витрати води, км3/рік (місцевий стік)	1.0	1.5	2.0	2.0	3.0	1.0	0.5	0.6	0.8	0.7
Водоспоживан	0.3	1.	1.5	1.0	2.8	0.8	0.3	0.4	0.7	0.6
Забезпеченість	0.3	1.	1.2	1.0	1.5	0.8	0.9	1.4	1.3	1.2
Густота	40	50	60	зо	зо	70	60	50	60	40
Індустріалізації	20	30	40	80	10	90	70	90	12	15
Урбанізація %	40	55	30	20	50	80	40	70	90	80
%	60	45	70	80	50	20	60	30	10	20
Очищення	80	60	50	50	70	80	80	75	80	60
Економія свіжої води, %	40	50	50	60	60	70	60	50	60	40
Заповідні територій %	2.0	1.5	3.0	1.0	0.5	0.8	1.2	1.5	0.8	1.1

Практична робота №4

Розрахунок оптимальних характеристик природних нерестовищ та місць зимівлі риб у річкових екосистемах (за Грибом Й. В.)

- ніші, що включає: сольовий склад та якість води, відсутність конкуренції, температурних перепадів тощо;

- наявність кормової бази - мікрободорості, найпростіші організми, безхребетні, детрит, вища водна рослинність;

- наявність місць зимівлі - зимувальні ями з достатнім кисневим режимом;

місць нересту (для коропових та хижаків-щуки, окуня) - заплавні луки з м'якою рослинністю, що затоплюються на період не менше *Межа роботи*. Набути навичок визначення оптимальних характеристик нерестовищ та зимувальних ям для відновлення порушених річкових та озерних екосистем

Теоретична частина. Річкова іхтіофауна займає верхню ланку трофічного ланцюга у водному середовищі. Лімітуючими факторами розвитку річкової іхтіофауни є:

- наявність екологічної ЗО днів;

- місць нагулу - залитих повінню луків з минулорічною рослинністю, що є місцем розвитку дафній та циклопів, інших найпростіших організмів;

- шляхів скочування у річкові русла малька — каналів, стариць, струмків. Нами запропонована формула для розрахунку оптимуму зимувальних ям та природних нерестилиць на порушених річках. Розрахункова формула площі зимувальних ям:

а) у руслі річки складає

$$S_1 = aMRF\tau_1/K(\theta_2^0 - \theta_2^1), (M^2), \quad (4.1)$$

б) у непротічні водойми

$$S_2 = aMRF\tau_2/K(\theta_2^0 - \theta_2^1), (M^2), \quad (4.2)$$

де F — поверхня водного дзеркала, га; M - рибопродуктивність, кг/га, приймається 10 кг/га; R - коефіцієнт дихання для коропових риб 9,142 кисню (г/кг риби на добу); a - поправочний коефіцієнт на зниження інтенсивності дихання риб у зимовий період, прийнятий рівним 0,5; τ_1 - час перебування риби у зимувальній ямі, прийнято 5 днів; τ_2 - час перебування риби у

непротічній зимувальній ямі, 100 днів /початок і кінець льодоставу/; $\theta_2^0 - \theta_2^1$ - вміст розчиненого кисню, початковий та кінцевий для цротічних об'єктів 10,0 та 8,0 мгО₂/дм³, для непротічних 10,0 та 4,0 мгО₂/дм³; К - коефіцієнт реаерації, рівний 1,1; h - середня глибина зимувальної ями, м.

Приклад розрахунку площі зимувальних ям для р. Горинь.

$$S_1 = 0.5 \cdot 10.0 - 9.14 - 2240 - 5/1.1 \cdot (10.0 - 8.0) \cdot 5 = 4.65 \text{ га.}$$

Для другого випадку (непротічна водойма) площа зимувальних ям для р. Горинь.

$$S_2 = 0.5 - 10,0 * 9.14 \cdot 2240 \cdot 100/1.1 \cdot (10,0 - 4.0) 5 = 31.0 \text{ га.}$$

Формула для розрахунку екологічного мінімуму площі водного дзеркала природних нерестовищ для порушених господарською діяльністю русел річок

$$S_{\text{екол.мін}} = K \cdot Q \cdot 86400 \cdot \tau \cdot K_r / h \cdot m \cdot F \quad (4.3)$$

де K_m - коефіцієнт мілководь, рівний 0.1; Q - витрати води 75 % забезпеченості в гирлі у період межіні, м³/с; M - маса риби, прийнята по фактичному вилову (із розрахунку кг риби на гектар); τ - час затоплення заплави, що забезпечує достатнє прогрівання та самоочищення води, прийнятий 10 днів; h - глибина затоплення заплави, розрахункова, прийнято 0.5 м; m - біомаса корму" за сезон вегетації кг/га (прийнято по рибопродуктивності помноженій на 10); F - поверхня водного дзеркала об'єкту, га; 86400 - кількість секунд/добу.

У випадку відсутності даних з кормової бази та рибопродуктивності можна у формулі розрахунку площі природних нерестовищ застосувати кормовий коефіцієнт K_r (відношення маси риби до біомаси корму)

$$S_{\text{екол.мін}} = K Q \cdot 86400 \cdot \tau \cdot K_r / h \cdot m \cdot F, \quad (4.4)$$

У розрахунку для малих і середніх річок $K_r = 0.05 - 0.1$.

K - коефіцієнт реаерації - 1.1. Всі інші умовні позначення див. у попередній формулі.

Приклад розрахунку площі нерестовищ для р. Горинь

$$S_{\text{екол.мін}} = 1.1 * 25 \cdot 86400 \cdot 10 \cdot 0.1/0.5 \cdot 100 \cdot 2240 = 21.21 \text{ га.}$$

Порядок виконання роботи

Таблиця 4.1

Вихідні дані для виконання роботи

Характеристики	Річки					
	Устя	Мульчиця	Зульня	Береж-ниця	Стубла	Веселуха
F, га	50,0	30,0	40,0	60,0	60,0	70,0
M, кг га	8,0	5,0	5,0	10,0	10,0	10,0
θ_2^0 , мгO ₂ /дм ³	12,0	11,0	10,0	11,0	12,0	11,0
θ_2^1 , мгO ₂ /дм ³	8,0	9,0	8,0	7,0	9,0	7,0
K	1,2	1,1	1,1	7,1	1,1	1,1
h, м, (зим.	0,8	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8
Km	0,2	0,15	0,1	0,12	0,2	0,15
P, м ³ /с	10,0	8,0	6,0	4 0	1,0	11,0
h, м, (нерест)	0,4	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5
M, кг/га	80,0	50,0	50,0	60,0	100,0	100,0
кг	0.08	0.05	0.05	0.07	0.09	0.1

Завдання для виконання роботи

1. Розрахувати, виходячи з вихідних даних, площу водного дзеркала зимувальних ям та нерестовищ для порушених меліоративним будівництвом річок.
2. Розташувати дані компенсаційні природоохоронні об'єкти за профілем річки у залежності від ситуаційної схеми.
3. Оформити роботу і захистити звіт з роботи.

Питання для самоконтролю

1. Які основні помилки були допущені на руслах річок при меліоративному будівництві ?
2. Який період розвитку найпростіших організмів, що служать кормом для малька риб ?
3. Що є лімітуючими факторами розвитку річкової іхтіофауни?
4. Як розрахувати площу зимувальних ям і нерестовищ для протічних і непротічних водойм?

Практична робота № 5

Методика побудови порівняльної діаграмікологічного стану водних об'єктів

Мета роботи. Набути навичок визначення екологічного стану річок і побудови колових діаграм.

Теоретична частина. Модель-карта якісного стану водних екосистем являє собою просторову характеристику (інформаційне поле) розвитку самої екосистеми.

Методика побудови модель-карти:

Еталон порівняння являє собою колову діаграму з радіусами, що відповідають характеристикам якості води (БСК₅, ХСК, ПО, РК, ИНД ІО²⁺ >ТО³⁺ завислі речовини та ін.) та масштабом, одиниця якого відповідає нормованій (регламентованій) величині кожної з характеристик якості - 1 клас якості.

На відповідні радіуси наносяться фактичні значення характеристик. З'єднання отриманих точок дає діаграму фактичного стану [2].

Співвідношення площ діаграми фактичного стану та еталону порівняння дає екологічний індекс якості поверхневих вод «Іе». За вихідні величини еталону порівняння можуть бути прийняті вимоги якості вод споживчі (іригаційні, питне водопостачання), рибогосподарські, екологічні у залежності від поставленої мети. Заекологічний оптимум приймаються значення 1 класу екологічної класифікації якості поверхневих вод.

Приклад побудови модель-карти наведений на рис. 8.1. Нормовані величини характеристик якості води приведені у табл. 5.1.

Основні гідрохімічні характеристики річок Поліської і Лісостепової зон України приведені в таблицях, які знаходяться нижче.

У блоці „А” заштрихована частина діаграми —якість води у гирлі, незаштрихована- те ж, у верхів'ї. У блоці „Б” — заштрихована частина діаграми - антропогенне навантаження та "переосвоєння" природних територій, незаштрихована природні території та елементи управління станом річкової екосистеми.

Завдання для виконання роботи

1. Побудувати порівняльну діаграму екологічного стану річкових екосистем виходячи з вихідних даних.

2. Визначити комплексний технологічний індекс якості води

Таблиця 5.1

Основні гідрохімічні характеристики р. Рось за фазами гідрологічного режиму, матеріали досліджень Гриба Й.В., 1987-1995рр.

Гідрохімічні характеристики	Сезон року	р. Рось, верхі		р. Рось, вище м.Б.Пе		р. Рось, нижче м.Б.Перк		р. Рось, гирло		р. Росава, гирло	
		0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
		БСК ₅ мгО ₂ /дм ³	I	2	5	7	8	2	10.6	2.5	11
	II	2.	4	4.	5.	9.	7.2	4.6	7.2	7.	3.
	III	4	4	2	4	2	3.0	1.6	3.4	1	4
	IV	4	3	4	5	1	6.3	1.4	4.6	3	3
ХСК, БО, мгО/дм ³	I	15	3	22	23	21	23.0	21.2	40	21	49
	II	21	2	21	16	22	26.1	20.9	18	24	18
	III	26	4	26	43	29	31.0	23.4	25.	27	40
	IV	31	2	28	20	30	25.9	31.3	24	43	31
ХСК, ПО, мгО/дм ³	I	8.	6	9.	9.	9.	10.6	9.44	8.0	9.	8.
	II	9.	1	11	7.	8.	8.4	9.17	10.	11	16
	III	12	7	10	10	10	12.2	11.2	9.8	9.	11
	IV	9.	8	9.	9.	9.	10.6	10.7	10.	22	11
Розчинений кисень, мгО ₂ /дм ³	I	11	1	18	12	13	12.3	12.4	10.	9.	8.
	II	9.	1	11	11	8.	11.3	9.2	12.	11	6.
	III	9.	4	9.	6.	9.	5.8	9.7	9.0	9.	7.
	IV	9.	9	8.	13	3.	12.6	8.3	12.	7.	7.
Сума іонів. мг/дм ³	I	81	5	88	56	78	530	682	583	88	59
	II	48	3	49	38	44	413	460	350	79	75
	III	47	4	30	39	43	427	409	451	77	69
	IV	43	4	49	45	57	478	409	469	63	72
SO ₂ мг/дм ³	I	72	3	82	36	85	38.3	112	65.	19	87
	II	42	4	41	39	40	43.2	45.4	47.	84	26
	III	30	4	27	29	28	39.0	44.8	38.	72	11
	IV	29	5	48	47	53	51.9	38.4	58.	50	57
CL ⁻ , мг/дм ³	I	27	4	39	31	37	35.8	55.2	49.	44	42
	II	30	3	67	35	45	36.8	39.3	40	40	22
	III	41	4	34	39	38	43.0	51.4	48.	81	25
	IV	40	3	38	33	43	33.7	35.5	39	40	31
Завислі речовини, мг/дм ³	I	10	-	15	-	19	-	14.9	-	10	-
	II	44	-	29	-	35	-	10.9	-	37	-
	III	29	-	19	-	39	-	9.8	-	4.	-
	IV	28	-	9.	-	11	-	11.4	-	68	-
NH ₄ ⁺	I	1	0	0	0	0	0.80	0.90	0.6	0	0
	II	0	0	0	0	0	0.76	0.36	0.6	0	0

мгN /дм ³	III	0	1	0	0	0	0.52	0.13	0.4	0	0
	IV	0	0	0	0	2	0.79	0.22	0.7	0	0
NO ₂ ⁻ , мгN/дм ³	I	0	0	0	0	0	0.03	0.03	0.0	0	0
	II	0	0	0	0	0	0.03	0.02	0.0	0.0	0
	III	0	0	0	0	0	0.16	0.01	0.0	0	0
	IV	0	0	0	0	0	0.04	0.01	0.0	0	0
NO ₂ ⁻ , мгN/дм ³	I	2	0	1	0	2	1.22	2.05	3.2	3	1
	II	0	0	1	0	0	0.55	0.55	0.0	0	0
	III	0	0	0	0	0	1.20	0.26	0.0	0	0
	IV	0	0	0	0	1	0.86	0.21	0.1	0	0
PO ₄ ³⁻ , мгP/дм ³	I	0	0	0	0	0	0.04	0.23	0.0	0	0
	II	0	0	0	0	0	0.04	0.69	0.0	0	0
	III	0	0	0	0	0	0.09	0.39	0.1	0	0
	IV	0	0	0	0	0	0.03	0.4	0.1	0	0

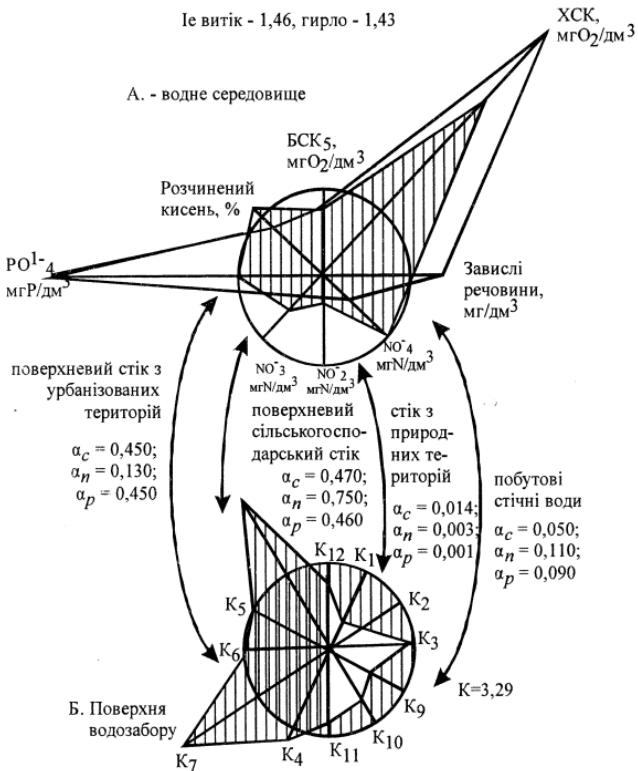


Рис. 5.1. Комплексна екологічна оцінка стану екосистеми

басейну р. Удай за індексом екологічної якості води (Іе) та стану поверхні

Таблиця 5.2

Основні характеристики якості води рр. Прип'ять, Ворскла
(середні значення за фазами гідрологічного режиму,
1986 -1995 рр.)

Гідрохімічні	Сезони	П						гірло
		витік	середня	гірло	верхів'я	нижче м. Полта	гірло	
БСК ₅ , мг/л	I	1.5	2.0	2.5	2.02	2.52	4.22	
	II	1.0	1.0	2.5	2.02	2.2	2.20	
	III	1.0	2.0	2.1	2.12	2.2	2.20	
	IV	2.1	2.5	1.0	2.12	1.05	4.01	
ХСК, БО, мг/л	I	31.0	48.0	41.0	28.0	25.0	27.0	
	II	48.0	55.2	51.2	38.8	23.0	22.1	
	III	21.8	20.0	24.5	19.6	18.0	19.3	
	IV	32.0	42.0	33.5	28.8	25.8	26.4	
Розчинений	I	0.8	1.2	1.8	2.20	8.38	10.02	
	II	10.8	11.2	6.2	9.72	9.51	9.77	
	III	1.8	6.9	7.5	6.05	8.25	6.28	
	IV	10.1	11.2	9.5	9.82	9.11	10.7	
Сума іонів, мг/л	I	280.0	481.0	272.0	624.0	612.0	824.0	
	II	282.0	450.0	300.0	751.0	652.0	633.0	
	III	444.0	406.0	391.0	763.0	664.0	688.0	
	IV	200.0	501.0	480.0	722.0	652.0	702.0	
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	I	35.0	43.8	30.0	102.6	181.3	117.1	
	II	42.0	52.0	17.0	112.4	95.6	107.2	
	III	74.2	45.0	51.2	68.0	80.2	118.4	
	IV	42.5	52.6	47.4	61.2	86.4	60.1	
Cl ⁻ , мг/дм ³	I	28.0	38.0	31.0	48.5	46.5	65.5	
	II	31.2	48.0	50.0	56.7	43.0	43.0	
	III	50.0	25.6	28.7	64.6	38.4	64.3	
	IV	31.2	41.2	36.2	35.5	30.0	42.6	
Завислі	I	28.0	42.0	55.6	133	62.3	11.0	
	II	48.0	53.0	93.0	16.4	48.5	32.6	
	III	115.0	100.6	100.0	10.0	24.3	30.2	
	IV	28.0	42.0	85.0	21.2	26.4	20.4	
NH ₄ ⁺ мг/л	I	0.20	1.20	0.20	0.21	0.00	1.14	
	II	0.20	0.15	0.11	0.12	0.17	0.27	
	III	0.25	0.24	0.25	0.14	0.22	0.24	
	IV	0.22	0.25	0.1	0.12	0.12	0.1	
NO ₂ ⁻ , мг/л	I	0.022	0.01	0.01	0.16	0.02	0.021	
	II	0.012	0.02	0.004	0.01	0.022	0.021	
	III	0.025	0.025	0.004	0.004	0.002	0.004	
	IV	0.017	0.01	0.02	0.01	0.002	0.004	
NO ₃ ⁻ , мг/л	I	0.14	0.10	0.21	0.21	0.12	0.14	
	II	0.20	0.12	0.11	0.2	0.12	0.22	
	III	0.14	0.22	0.15	0.21	0.25	0.22	
	IV	0.22	0.24	0.14	0.12	0.12	0.1	
PO ₄ ³⁻ , мг/л	I	0.022	0.122	0.14	0.14	0.02	0.025	
	II	0.005	0.005	0.005	0.05	0.004	0.005	
	III	0.004	0.022	0.171	0.12	0.055	0.115	
	IV	0.01	0.05	0.022	0.004	0.004	0.022	

Таблиця 5.3

Основні характеристики якості води рр. Ірпінь, Унава, Здвиж,
Уж, (середні значення за фазами гідрологічного режиму,
(1987-95рр.)

Гідрохімічні характеристики	Се зони року	Ірпінь, витік	Ірпінь, гирло	Унава, витік	Унава, гирло	Здвиж, витік	Здвиж, гирло	Уж, гирло
БСК ₅ , мгО ₂ /дм ³	I	4.50	6.14	5.2	4.7	3.9	3.3	4.76
	II	2.80	3.50	3.10	3.80	2.80	3.70	2.1
	III	7.83	6.60	2.60	3.00	2.10	4.50	3.8
	IV	4.80	4.60	2.50	3.40	2.40	4.50	2.8
ХСК, БО, мгО/дм ³	I	23.1	31.3	35.0	28.7	23.0	23.8	31.1
	II	40.5	44.0	22.8	32.50	28.0	30.0	41.6
	III	22.8	24.5	20.0	20.8	25.5	23.7	29.0
	IV	40.3	42.5	55.8	66.0	26.7	23.8	37.0
Розчинений кисень, мгО ₂ /дм ³	I	11.8	7.8	12.1	9.0	10.3	8.8	10.6
	II	10.8	8.8	10.0	9.0	10.0	7.6	6.8
	III	9.0	6.0	9.0	6.8	9.4	4.7	8.0
	IV	10.0	8.4	10.4	8.8	9.8	8.8	9.0
Сума іонів, мг/дм ³	I	509.0	533.0	490.0	692.0	476.0	597.0	560.0
	II	503.0	531.0	547.0	550.0	504.0	415.0	342.0
	III	411.0	403.0	495.0	513.0	478.0	315.0	390.0
	IV	402.0	513.0	500.0	550.0	504.0	450.0	330.0
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	I	38.6	54.0	48.0	79.0	39.0	51.0	31.2
	II	35.0	48.0	45.0	54.0	43.0	61.0	15.6
	III	32.0	38.4	31.4	45.8	28.0	45.0	32.0
	IV	66.2	84.6	21.4	27.0	29.4	30.7	48.0
CL ⁻ , мг/дм ³	I	37.0	44.0	29.8	51.5	26.6	30.7	38.2
	II	32.4	72.6	48.3	51.2	21.2	24.8	48.5
	III	30.4	33.2	32.8	42.4	21.6	33.0	25.0
	IV	28.2	35.4	24.8	35.2	25.2	21.7	24.6
Завислі речовини, мг/дм ³	I	8.0	25.0	11.0	20.0	10.0	24.0	30.9
	II	17.0	30.0	24.0	38.0	18.0	31.0	48.0
	III	14.0	30.0	20.0	38.0	17.0	30.0	25.0
	IV	24.0	35.0	20.0	24.0	20.0	40.0	30.0
NH ₄ ⁺ /мгN/дм ³	I	0.8	3.8	1.5	1.36	1.06	1.75	1.06
	II	1.0	1.8	1.5	0.132	0.109	0.18	0.187
	III	0.2	0.2	0.26	0.32	0.23	0.23	0.047
	IV	1.1	2.8	1.0	0.59	0.43	0.418	0.125
NO ₂ ⁻ , мгN/дм ³	I	0.000	0.01	0.01	0.01	0.013	0.015	0.022
	II	0.01	0.04	0.01	0.007	0.002	0.12	0.007
	III	0.000	0.000	0.0001	0.0001	0.0001	0.01	0.03
	IV	0.005	0.05	0.01	0.004	0.0001	0.0001	0.0001

N03; мгИ/дм ³	I	0.3	1.5	1.8	0.74	0.64	0.046	0.96
	II	0.3	1.5	0.1	0.15	0.40	0.1	0.16
	III	0.06	0.36	0.122	0.23	0.52	1.25	0.76
	IV	0.3	0.8	1.1	0.1	0.36	0.95	1.0
PO ₄ ³⁻ мгР/дм ³	I	0.01	0.13	0.1	0.155	0.175	0.272	0.131
	II	0.03	0.24	0.12	0.017	0.005	0.006	0.004
	III	0.02	3.119	0.027	0.02	0.63	0.27	0.218
	IV	0.05	0.02	0.05	0.32	0.14	0.017	0.18

Таблиця 5.4
Комплексний екологічний індекс якості поверхневих вод „Іє”
(гирло)

Назва річки	Фази гідрологічного режиму			
	зима	весна	літо	осінь
Поліська зона				
р. Тетерів	5.2	4.4	5.4	4.6
р. Ірпінь	5.6	4.3	4.9	4.4
р. Здвиг	4.4	3.0	4.1	3.0
р. Гнило п'ять	10.5	6.5	8.8	6.0
р. Каменка	4.9	3.3	5.0	4.6
Р Уж	5.1	3.9	4.9	4.3
р. Прип'ять	8.6	7.1	6.7	7.0
Лісостепова зона				
р. Ворскла	5.0	4.3	8.0	7.7
р. Мерла	4.6	3.8	9.0	6.7
р. Рось	4.8	4.0	4.0	4.9

Примітка: з врахуванням токсичних домішок

Таблиця 5.5

Вихідні дані для виконання роботи

Характеристики	Річки						
	Сти	Сл	При	Вов	Кун	Сал	Сарата
Розчинений кисень, % насичення	80.	90.	70.0	60.0	70.0	70.0	60.0
БСК ₅ , мгО ₂ /дм ³	5.6	5.1	6.0	6.8	5.7	5.1	5.0
ХСК (ПО), мгО/дм ³	12.	14.	1	18.0	17.0	12.0	14.0
ХСК (БО), мгО/дм ³	20.	22.	28.0	27.0	26.0	20.0	30.0
NH ₄ ⁺ мгN/дм ³	0.9	0.8	0.9	1.8	1.3	1.4	3.5
NO ₂ ⁻ мгN/дм ³	0.0	0.0	0.02	0.06	0.05	0.03	0.04
NO ₃ ⁻ мгN/дм ³	1.5	1.3	1.6	2.1	1.4	1.3	1.2

PO ₄ ³⁻ , мгР/дм ³	0.1	0.1	0.15	0.21	0.13	0.11	0,10
Завислі речовини, мг/дм ³	28.0	30.0	25,0	30.0	25.0	20.0	20.0
Загальне мікробне число, млн.кл/мл	5.5	5.0	5.3	6.2	5.0	6.3	5.8
Бактерії групи кишкової палички,	6.0	7.0	6.0	8.0	5.6	5.0	5.0
Г етеротрофи, тис.кл/мл.	7.0	8.0	6.0	9.0	6.0	5.0	7.0
Індекс сапробності за фітопланктоном	2.2	2.3	2.35	2.5	2.3	2.2	2.1
Сума іонів, мг/дм ³	560	53	495.	272.	655.	608.	2407.0
HCO ₃ ⁻ , мг/дм ³	260	25	240.	220.	300,	335.	337.0
СГ, мг/дм ³	42.	39.	38.0	77.0	38.0	16.0	81.6
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	81,	78,	72,0	800,	366,	48,0	1240,0

Питання для самоконтролю

1. Як ви розумієте класифікацію екологічного стану водойм та водогосподарські вимоги щодо якості води?
2. Що можна назвати екологічним оптимумом стану водного середовища?
3. Які існують водоспоживчі класифікації якості поверхневих вод?
4. Як побудувати порівняльну колову діаграму екологічного стану водного басейну?

Практична робота 6

Розрахунок розподілу маси домішок, що виносяться поверхневим стоком із сільськогосподарських угідь, урбанізованих територій стічними та зливовими водами

Мета роботи. Набути навичок визначення лімітуючих факторів впливу поверхні водозбору на формування якості поверхневих вод, за внесенням маси органічної речовини, сполук азоту та фосфору, завислих речовин тощо.

Теоретична частина. Річковий стік формується за рахунок підземного стоку (до 30-40 % від загального річкового) та стоку з поверхні водозбору (60-70 %). Районування територій України за внутрішнім розподілом стоку (див. рис. 2.7 у довіднику „Малі річки України”.-К.: -Урожай, 1991.- С.68). Дані щодо середнього шару поверхневого стоку наведені у тому ж довіднику - с. 69-71.

Маючи дані по структурно-функціональній організації ландшафту та шару поверхневого стоку, можна розрахувати орієнтовні об’єми стоку. Дані про об’єми стічних вод у басейнах річок можна взяти з Державної статистичної звітності 2-ТП „Водгосп” або екологічних паспортів малих річок.

Концентрації забруднень, що надходять із поверхневим стоком та стічними водами, можна визначити на дослідних полігонах або взяти із довідкової літератури.

Розрахункові формули для виділення складових елементів річкового стоку виведені шляхом визначення взаємозв’язку концентрації забруднюючих речовин та витрат води під час гідрохімічних досліджень, у основні фази гідрологічного режиму (довідник “Малі річки України” с. 230).

Загальна розрахункова формула маси домішок

$$P_i = C_i Q_i \quad (6.1)$$

де P_i - маса домішок, г/с; C_i - концентрація домішок, г/м³, Q_i - витрати води, м³/с.

Таблиця 6.1

Розрахункові формули для виділення антропогенної складової річкового стоку (W)

Складові річкового стоку	Розрахункові формули для виділення складових забруднень, (ΔW)
Стічні води	$DW_{cm} = \alpha(l - e)q_{cm}$
Зливові води з низованих територій	$DW_{cm} = \alpha(l - e)q_{cm}$ $q_{з.ч.} = 10h_{63}F_M/T$

Поверхнево-схилувий сільськогосподарський стік	$DW_{nc} = \alpha q_{nc}$ $q_{nc} = h_{10} j F / 86400 h$
Дренажний стік з полівзрошення	$DW_{дрз} = j_{nc} q_{дрз}$ $q_{дрз} = 0,001 l g F_z$
Дренажний стік з полівосушення	$DW_{дро} = j_{nc} q_{дро}$ $q_{дро} = W / r$

де α - концентрація, г/м³; ϵ - ефективність очищення (долі одиниці), (0-100%; 0-1.0); h_{63} - шар атмосферних опадів 63% - забезпеченості, що повторюється 1 раз в рік, мм; F_m - площа урбанізованих територій, га; q - коефіцієнт стоку дощової води (при розділеній каналізації – $q = 0.3-0.4$; для малих населених пунктів - $q = 0,1$); T - час добігання води зливовим колектором; h_{10} - шар атмосферних опадів 10%- забезпеченості, мм; q_{nc} - коефіцієнт поверхневого, стоку з сільськогосподарських полів; j - коефіцієнт нерівномірності випадіння атмосферних опадів (довідник „Малі річки України”); W - об’єм води, що підлягає відведенню, м³; r - час, за який має бути відведена вода, доби; q_{cm} - об’єм стічних вод, м³.

Зауваження: дивитись також розрахункові формули табл. 10.15, т.

Завдання для виконання роботи

1. Визначити масу домішок органічного вуглецю, азоту та фосфору мінерального, мінеральних солей, що вносяться у водне середовище з поверхні водозбору басейну.
2. Визначити питому вагу основних джерел забруднення.
3. Визначити основні напрямки оздоровлення генералізованої екосистеми басейну.

Таблиця 6.2

Вихідні дані для виконання роботи

Характеристики	Річка						
	1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*
1. Об'єм річкового стоку за рік, млн.м ³	402.9	382.0	360.0	1560.0	950.0	685.0	150.0
2. Об'єм стічних вод, які пройшли біологічне очищення, млн.м ³	106.8	82.0	98.0	100.0	92.0	79.0	59.0
3. Об'єм поверхнево-схилового стоку з агроландшафтів, млн.м ³	118.1	48.2	24.0	324.0	156.0	164.0	85.4
4. Зливові води з урбанізованих територій, млн.м ³	44.8	94.5	2.0	27.0	13.0	13.9	7.4
5. Стік з непорушених територій, млн.м ³	90.1	76.3	5.0	67.5	32.5	3.5	18.2
6. Площа поверхні водозбору, км ²	15100	14700	12600	27700	13000	13800	7030
Атмосферні опади, мм	615	525	650	596	600	600	525

* - 1- р. Тетерів; 2 - р. Ворскла; 3 - р. Рось; 4 - р. Горинь; 5 - р. Стир; 6 - р. Південний Буг; 7 - р. Удай.

Приклад розрахунку

Розрахувати питому вагу забруднень, що надходять у басейн річки протягом року (див. сх. 6.1).

Вихідні дані: об'єм річкового стоку - 150 млн.м³; об'єм стічних вод, що »пройшли очищення - 59 млн.м³; площа поверхні водозбору - 7030 км²; атмосферні опади - 525мм.

Розрахунок: віднесемо, згідно з даними довідника „Малі річки України”, цей гіпотетичний басейн до IV водогосподарського району

Таблиця 6.3

Характеристика якості поверхневого стоку з непорушених басейн

Характеристики якості води	Полісся	Лісостеп	Степ	Крим
	рр. Кормин, Льва	р. Тартацька	р. Орель	р. Улу-Узень
1. Завислі речовини, мг/дм ³	10.3	0.0	10.0	83.0
2. Перманганатна окислюваність, мгО/дм ³	8.0	8.0	10.0	6.7
3. Біхроматна окислюваність, мгО/дм ³	12.0	11.1	14.0	13.8
4. БСК5, мг О2/дм ³	1.5	1.7	2.0	2.0
5. ІсН4+, мгХ/дм ³	0.3	0.4	0.35	0.3
6. N03", мгХ/дм ³	0.8	0.4	0.6	0.5
7. N02", мгИ/дм ³	0.01	0.018	0.02	0.312
8. P043', мгР/дм ³	0.02	0.03	0.04	0.03
9. Безаг, мг/дм ³	0.3	0.1	0.15	0.08
10. Мінералізація, мг/дм ³	318.0	318.0	550.0	450.0
11. НСОз", мг /дм ³	188.0	238.0	250.0	270.0
12. Са2+, мг/дм ³	39.0	48.0	60.0	67.0
13. Mg2+, мг/дм ³	18.0	23.0	40.0	12.0
14. К+. Иа+. мг/лм3	19.0	22.0	20.0	23.0
15. СГ', мг/дм ³	18.0	23.0	45.0	33.0
16. Б042', мг//дм ³	35.0	33.0	50.0	48.0

Таблиця 6.4

Характеристика якості поверхнево-схилового стоку на території України

Характеристики якості води	Полісся	Лісостеп	еп	Крим
	дренажні вали	рр. Бобриця, Сквиря	гирло р. Ворскли	р.Улу-Узень
РН	6.5-7.5	7.1-8.2	7.5-8.5	7.0-8.5
Завислі речовини,	10.0	80.3	45.0	130.0
Азот амонійний,	1.0	0.8	1.8	1.0
Азот нітритний,	0.08	0.02	0.06	3.1
Фосфати, мг Р/ дм ³	0.15	0.15	0.11	0.16
ПО, мгО/дм ³	18.0	11.3	10.0	15.0
БО, мгО/дм ³	32.0	17.3	21.0	19.0
БСК5, мгО ₂ /дм ³	2.8	3.0	3.2	3.8
Мінералізація,	300.0	420.0	450.0	3 50.0
Хлориди, мг/дм ³	18.0	15.3	18.0	55.0
Гідрокарбонати,	180.0	300 0	320.0	280.0
Сульфати, мг/дм ³	26.0	35.3	89.0	110.0
Кальцій, мг/дм ³	56.0	70.3	75.0	45.0

Таблиця 6.5

Характеристика забруднюючих речовин, що надходять із зливовими водами з урбанізованих територій

Забруднюючі речовини	Винесення забруднень з талими водами із територій з густотою населення 1100чол/км ²		
	мг/дм ³	кг /га в рік	факт, конц., мг/ дм ³
Завислі речовини	300-400 0	833.0-2500, 0	2000.0-3000. 0
Органічні речовини за БСК5, мгОг/дм ³	200 0-300.0	46.7-140.0	100.0
за ХСК, мгО/дм ³	500.0-15 00 0	333.3-10000	800.0
Ефіророзчинні	150.0600	33.3-100.0	35.0
Азот, N	30.0-40. 0	2.0-6,0	5.0

Фосфор, Р	-	0.5-1.5	до 1.0
Мінеральні солі	-	133.3-400.0	до 800.0

Примітка: Середньорічна концентрація вираховується діленням маси домішок на витрати води (атмосферні опади, площа поверхні водозбору, коефіцієнт поверхневого стоку). Коефіцієнт поверхневого стоку урбанізованих територій для України становить 0.25, для США - 0.37 (Вайбл, 1960).

Таблиця 6.6

Характеристика забруднень талих вод із територій сільськогосподарських угідь (лісостеп)

Гідрохімічні характеристики	Розмірність	Дані довідкової літератури	Дослідні дані бас. р. Ворскла
Завислі речовини	мг/дм ³	3000.0-4000.0	100.0-3000.0
Хімічне	мгО ₂ /дм ³	500.0-1500.0	300.0-1200.0
БСК ₅	мгО ₂ /дм ³	200.0-300.0	80.0-250.0
Азот амонійний	мг N/дм ³	10.0-15.0	5.0-25.0
Азот загальний	мг N/дм ³	30.0-40.0	50.0-60.0
Ефіророзчинні	мг/дм ³	150.0-600.0	50.0-250.0
Сульфати	мг/дм ³	48.0	760.0
Хлориди	мг/дм ³	35.0	40.0
Фосфати	мгР/дм ³	3.0	5.0
Мінералізація	мг/дм ³	480.0	500.0
ДДТ	мг/дм ³	0.002	0.003

Характеристика господарсько-побутових стічних вод, що скидаються після споруд біологічного очищення

У рік середньої водності весняна повінь складає 70 % річного стоку, літо - 7.0 %, осінь - 10.0 %, зима - 13.0 %. Коли прийняти, що підземне живлення складає 7.0 % (згідно витрат літньої межени), то поверхневий стік складатиме $100.0 - (7.0 \cdot 4) = 72.0 \%$, тобто $150.0 \cdot 10^6 \cdot 0.72 = 108.0 \cdot 10^6 \text{ м}^3$

Середньорічні величини коефіцієнту поверхневого стоку (СП) становлять

$$K_{\text{сп}} = \frac{w_{\text{сп}}}{w_{\text{річк}}} = 108 * \frac{10^6}{150} * 10^6 = 0,61, \text{ м}^3$$

де W_{ep} - середньорічний поверхневий стік, m^3W — об'єм річного стоку, m^3 .

Таким чином, середньорічна величина поверхневого стоку становить 61.0%.

Складові елементи поверхні водозбору досліджуваного басейну річки: ліс - 3.4% (239.02 km^2), луки і пасовища - 10.0% (703.0 km^2), болота - 7.0% (492.1 km^2), орні земля - 66.0% (4639.8 km^2), урбанізовані території - 5.0% (351.5 km^2), інші території (дороги, тощо) - 8.6% (604.58 km^2).

Коефіцієнти поверхневого стоку приймаються за даними станцій спостереження (полігонів). Для степових районів, у перерахунку із середньорічних значень, вони становлять: ліс - 0.025, луки і пасовища - 0.030, болота - 0.015, орні землі - 0,035, урбанізовані території - 0.040.

Питому вагу стоку з кожної складової частини поверхні водозбору розраховуємо за формулою

$$Q_i = nk_{cn}F_i, (m^3/km^3) \quad (6.2)$$

де Q_i — питома вага кожної складової частини стоку з поверхні водозбору (лісу, луків, орних земель, тощо), m^3, km^3 ; n - кількість опадів, мм, м; k_{cn} - коефіцієнт поверхневого стоку лісу, луків, тощо; F_i - площа складових частин водозбору (лісу, луків, тощо) га, km^2 .

Таблиця 6.7

Вихідні дані

Складові поверхневого стоку	Q, млн, m^3	Концентрація розрахункова C_i ,			
		C	N	P	Завислі речовини
Господарсько-побутові стічні воли	59.0	80.0	5.0	0.2	50.0
Поверхневий стікз	3.2	20.0	0.3	0.05	10.0
Поверхневий стік з	11.1	10.0	0.5	0.1	20.0
Поверхневий стік з	3.9 1	15.0	2.0	0.05	10.0
Поверхневий стік з агроланлшафтів	85.4	10.0	0.8	0.15	100.0
Поверхневий СТІК з урбанізованих	7.4	80.0	3,0	03	100.0

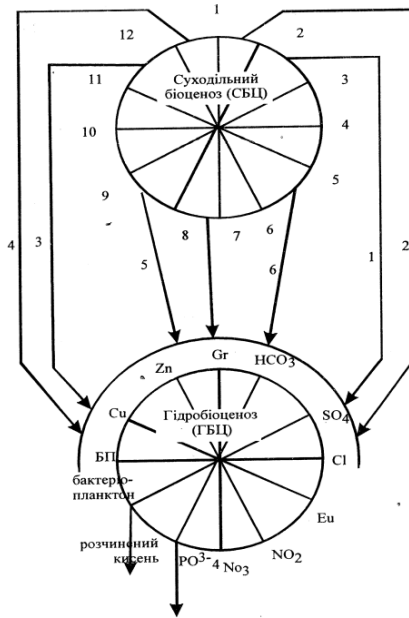


Рис. 6.1. Структурна схема функціонування гідробиоценозу внутрішніх водойм

1 - поверхневий стік з не порушених територій; 2 - поверхневий стік з урбанізованих територій; 3 - місцевий річковий стік; 4 - надходження очищених і недостатньо очищених вод; 5 - ґрунтовий стік; 6 - підземний стік; 7 - поверхневий стік з агроландшафтів.

Виходячи із розрахунків, стік складатиме: ліс - $3.2 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ ($0.5250,025 \cdot 239.02 = 3.2 \cdot 10^6 \text{ м}^3$), луки - $11.1 \cdot 10^6 \text{ м}^3$, болота - $3.9 \cdot 10^6 \text{ м}^3$, орні землі - $85.4 \cdot 10^6 \text{ м}^3$, урбанізовані території - $7.4 \cdot 10^6 \text{ м}^3$. Таким чином, величина сумарного стоку становитиме $107.1 \cdot 10^6 \text{ м}^3$. Крім того, в річку вносять домішки і стічні води - $59.0 \cdot 10^6 \text{ м}^3$. Знаючи об'єми надходжень вод та концентрацію домішок (С, N, P, завислі речовини), можна розрахувати масу внесених у річкову систему домішок та питому вагу кожного із забруднень.

Таблиця 6.8

Розрахована маса забруднень, що вносяться у водне середовище протягом року, т.

Складові поверхневого стоку	С	N	P	Завислі речовини
Господарсько- побутові стічні воли	4720	20.5	11.8	2950.0
Поверхневий стік з лісів	70	0.95	0.15:5	315.0
Поверхневий стік з луків	110	5.5	1.1	220.0
Поверхневий стік з боліт	75	10.0	0.25	50,0
Поверхневий стік з агроландшафтів	850.4	68.3	12.8	8500.4
Поверхневий стік з урбанізованих територій	588.0	22.0	2.2С	735.0
Сумарне внесення	6413.4	401.15	28.3:5	12486.5

Таблиця 6.9

Питома вага домішок у формуванні трофності водного об'єкту

Складові поверхневого стоку	С	N	P	Завислі речовини
Господарсько- побутові стічні воли	0,73	0.73	0.42	0,13
Поверхневий стік з лісів	0.01	0.002	0.00:5	0.004
Поверхневий стік з луків	0.015	0.014	0.04	0.018
Поверхневий стік з боліт	0.01	0.021	0.003	0.006

Поверхневий стік з агроландшафтів	0.132	0.17	0.45	0.68
Поверхневий стік з урбанізованих територій	0.09	0.05	0.08	0.06
Всього	1.0	1.0	1.0	1.0

Питання для самоконтролю

1. Які складові формують річковий стік у непорушених і порушених господарською діяльністю річкових басейнах?
2. Які основні лімітуючі складові антропогенних забруднень водного середовища річок?
3. Що входить до екологічних характеристик річкового басейну та водного середовища?

Практична робота №7

Визначення типів сукцесій гідробіоценозів малих річок

Мета роботи. Визначити стан розвитку біоценозів водного середовища у залежності від впливу природних і антропогенних чинників.

Теоретична частина. Сукцесія - послідовна зміна в часі під впливом природних та антропогенних чинників одних біоценозів іншими на певному відрізку річки або на цілому її протязі, Сукцесії біоценозів водного середовища розділяють на вихідні (первинні), що створюються природними умовами і надають рівні стартові можливості для розвитку біоти (сингетичні), а також вторинні, що виникають на базі вже сформованих біоценозів після їх порушення одноразового, багаторазового або постійного як наслідок причин внутрішнього, так і зовнішнього розвитку. Класифікація сукцесій макрогідробіоценозів малих річок розроблена д.б.н. Грибом И. В. за аналогією з класифікацією суходольних геобіоценозів д.б.н. Сукачова В. М. та Диліса Н. В.

Методика визначення сукцесій включає глибокий системний аналіз змін гідробіологічного, гідрохімічного, гідрологічного та фізико-хімічного режиму умов формування поверхневого стоку,

кліматичних змін, умов господарського використання заплави та русла, інтенсивність процесів ерозії. Для порівняння приймається еталонна ділянка русла, що знаходиться вище за течією або ділянка русла еталонного басейну.

Для визначення класу гідробіоценозу малої річки необхідно скласти порівнювальну картину (екологічний паспорт).

На основі проведених досліджень визначається клас сукцесій макрогідробіоценозу річки та розробляються заходи по стабілізації розвитку екосистеми або її відновлення.

Послідовність виконання роботи

1. На основі проведених досліджень визначити тип сукцесій макрогідробіоценозу річки та розробити заходи з стабілізації розвитку екосистеми або її відновленню.
2. Скласти схему зміни макробіоценозів річки за профілем.
3. Скласти екологічний паспорт річки.
4. Скласти звіт, оформити та захистити лабораторну роботу.

Таблиця 7.1

Типізація сукцесій макробіоценозів малих річок (за аналогією утипізацією суходольних біоценозів за В. М. Сукачовим, 1967р.)

Типи сукцесій Прояви у водному середовищі	
А. Автогенні (незворотні)	
1. Сингетичні (екологічний оптимум)	Природне забезпечення максимальних умов розвитку мікробіоценозів при збереженні різноманітності видів та високої якості води, спів відношення стехіометричних коефіцієнтів у рівнянні синтезу органічної речовини. С : Р = 106 : 16 : 1
2. Ендогенні (ендофічні, ендодинамічні)	„Цвітіння” води як наслідок евтрофікації; явища стагнації та старіння екосистеми (застійні явища)
3. Філоценогенетичні а) фітофілоценогенетичні	Розвиток продукованої хлорели у відстійниках стічних вод цукрових заводів. Масовий розвиток одного виду макрофітів або їх сукупності (елодеї
б) зоофілоценогенетичні	Розвиток інтродукованих видів риб та макроводоростей (макрокультура водоростей, товарне
Б. Екзогенні (зворотні та незворотні)	
1. Гологенетичні а) кліматичні	Пересихання русел річок, заболочування басейну (степові регіони України, осушені території Полісся)

б) геоморфічні	Підняття та опускання елементів рельєфу, зміна рівнів води, руслова трансформація, заболочування
в) селектоценотичні або аерогенні	Створення штучних берегів та руслових біоплато, аквакультура водоростей.
г) зоореагенні	Створення умов для розвитку певних видів риби (товарне рибицтво - форелеве, розведення бестера, амура та інших видів).
2. Локальні катастрофічні	
а) антропогенні	Постійне забруднення річок нижче урбанізованих територій не досить очищеними стічними та зливовими водами, задухи та замори риби, відрегульовані та спрямлені русла річок, що
б) токсикогенні	Порушення або знищення кормової бази, забруднення водного середовища пестицидами та
в) радіаційногенні	Зміна видового складу фіто- та зооценозів, біопродукційні зміни у тканинах риби на хромосомному рівні, явища активації токсичної дії важких металів.
г) зоогенні	Захворювання та вимирання ослаблених високочутливих до стану водного середовища
д) кліматогенні (селевозсувні)	Роботи з очищення та спрямлення русел, розмивання берегів, зміна клімату, обміління русел.

Таблиця 7.2

Екологічний паспорт річки

Характеристики	Значення для гирлових ділянок річок					
	1	2	3	4	5	6
Варіанти						
Загальні характеристики						
1. Площа басейну, км ²	7030	4120	1720	2050	27700	11700
2. Довжина річки, км	321.0	57.0	14.10	15.60	659.0	437.0
3. Виграти водам, с	0.97	0.72	0.84	1.07	3.1	1.60
4. Швидкість течії у межінь м/сек	0.1	0.2	0.05	0.2	0.3	0.3
5. Середні глибини, м	1.0	0.5	0.3	0.5	0.8	0.9
6. Коефіцієнт звивистості	2.15	1.12	1.10	1.11	2.2	1.1
7. Наявність перепадів за всім	не визначено					

8. Кількість паводків	1.0	1.0	1.0	2	9-10	8-9
9. Протяжність весняної повені, днів	60 *	20	5-7	7-12	30	30-45
10. Захищеність берегів, %	100	60	50	40	30	45
11. Структура поверхні водозабору						
- лісистість, %	4	0	1	14	18	22
- залужованість, %	40	35	26	30	30	32
- заболоченість, %	9	1	2	9	6	10
- озерність, %	0.3	0	0.1	0.1	0.1	0.2
- розораність, %	45	49	75	55	33	34
- урбанізованість території, %	3.5	3	2.5	3	2	2.2
- заповідні території, %	2.0	0	0	0	2.0	1.0
Якісні характеристики водного середовища						
12. Сорг. мг/дм ³	8.0	21.0	9.0	7.0	11.0	12.0
13. min (NH ₄ ⁺) мг/дм ³	0.08	4.8	0.8	0.60	0.81	0.85
14. (NO ₂ ⁻) мг/дм ³	0.01	0.28	0.03	0.015	0.10	0.09
15. (NO ₃ ⁻) мг/дм ³	3.0	5.0	1.5	0.86	3.5	3.2
Характеристики	Значення для гирлових ділянок річок					
Варіанти	1 2 3 4				5 6	
16. Рмін, мг Р/дм ³	0.03	0.85	0.05	0.08	0.18	0.19
17. Загальне мікробне число, млн. кл/мл	3.3	8.9	4.9	4.1	5.6	5.0
18. Чисельність кишкової палички, гис. кл/мл	не визначалось					
19. Біомаса фітопланктону, мг/дм ³	2.0	5.0	3.0	5.0	6.0	8.0
20. Видовий склад іхтіофауни (загальна чисельність видів)	15	12	20	16	24	25

21. Зміни у видовому складі риб за останні роки	5	4	8	2	7	6
22. Заростання водного дзеркала макрофітами, %	70	12	10	8	6	8
23. Видовий склад макрофітів	15	5	5	12	10.0	15.0
24. Місця скидання стічних вод, км від гирла	Встановлюється за паспортами річок або картами					
25. Явища заморів риб: літні, зимові, масовість, часові характеристики (п), км *	зимові щороку середня течія	зимові літні гирло	незарее с- тровано	зимов і від забру дненн я стічни ми водам	зимові літні нижче міста та РПО "Азот"	зимов і, від скидних вод цукро заводі в
26. Інші характеристики:						
енергетична субсидія, Сорг/сек	10,0 12,0 10,0 8,0 14,0 15,0					
27. Гідротехнічне будівництво (шлюзи, греблі)	Встановлюється за паспортами річок або картами					
28. Меліоративне будівництво (зміна характеру поверхні волозабору %)	8	60	30	18	30	15
29. Коефіцієнт зарегульованості,	0.1	0.1	0.5	0.5	0.15	0..3
30. Створи розташування руслових гребель, км						

Примітка: 1 - р. Удай; 2 - р. Шостка; 3 - р. Берда; 4 - р. Іква; 5 - р. Горинь; 6 — р. Стир. Умовні позначення - на рис. 13.1-13.2.

Питання для самоконтролю

1. Як змінюються річкові біоценози у непорушених та порушених річкових басейнах?

Практична робота № 8

Методика визначення коефіцієнта розвитку заплави (за Фащевським Б.В.)

Мета роботи. Ознайомитись з методикою і набути навичок визначення коефіцієнта розвитку заплави за Фащевським Б.В.

Теоретична частина. Біопродуктивність і захищеність річкових ценозів тісно пов'язана з станом заплави. У заплаві проходить обмін речовиною та енергією між руслом та суходолом, що спостерігається під час водопілля. Заплава очищає воду, сприяє відновленню річкової іхтіофауни, живить річку у меженний період.

Коефіцієнт розвитку заплави розраховується як середня зважена величина профілю річки за формулою

$$K_{\text{запл}} = \frac{(K_1L_1) + (K_2L_2) + (K_3L_3) + \dots + (K_nL_n)}{L} = \frac{K_{\text{запл}1} + K_{\text{запл}2} + K_{\text{запл}3} + \dots + K_{\text{запл}n}}{L} \quad (8.1)$$

$K_{\text{запл}i}$ - коефіцієнт розвитку заплави окремих ділянок річки; L_i - довжина окремої ділянки річки; L - довжина всієї річки за профілем.

Коефіцієнт розвитку заплави для окремої ділянки річки розраховується за формулою

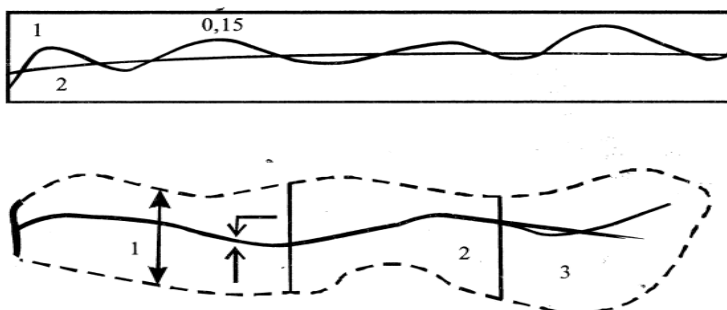
$$K_{\text{запл}} = \frac{B_0}{B_6} \quad (8.2)$$

де B_0 - середня на досліджувальній ділянці річки ширина затоплення заплави при найвищому 1% рівні забезпеченості, м; B_6 - середня на цій же ділянці ширина водної поверхні річки в бровках русла, м; B_c - визначається по топографічних картах великого масштабу; B_6 визначається за даними спостережень гідрометеослужби на основі побудови залежностей $B = f(H)$, де B та H - виміри ширини водної поверхні річки та рівня води.

На основі вивчення $K_{\text{запл}}$ всі річки можна поділити на три групи:

1. Якщо $K_{\text{запл}} > 5.0$ - річка з високою екологічною значимістю розвитку заплави;
2. Якщо $2.0 < K_{\text{запл}} < 5.0$ - річка з середньою екологічною значимістю розвитку заплави;
3. Якщо $K_{\text{запл}} < 2.0$ - річки з низькою екологічною значимістю розвитку заплави.

Відповідно спрямлені відрегульовані річки мають $K_{\text{запл}} < 2.0$. Тобто це річки з низькою екологічною значимістю



заплави (рис. 8.1).

Рис. 8.1. Басейн гіпотетичної річки М. 1:200000

Порядок виконання роботи

1. Виходячи із звивистості річки, розбиваємо профіль річки на окремі ділянки.
2. Виходячи з масштабу мапи і довжини кожної ділянки, розраховуємо фактичну довжину кожної окремої ділянки.
3. Визначаємо коефіцієнт розвитку заплави кожної ділянки річки.
4. На основі окремих ділянок розраховуємо коефіцієнт розвитку заплави всієї річки.

Завдання: Визначити коефіцієнт розвитку заплави рр. Льва, Стубла, Путилівка, Гульня, Устя.

Таблиця 8.1

Вихідні дані

Характеристики річки	Річки				
	Льва	Стубла	Путилівка	Зульня	Устя
L, км	76.0	64.0	70.0	50.0	62.0
B _б , м	6.0	5.0	4.0	4.0	4.0
B _о , м	100.0	80.0	60.0	50.0	50.0
Відрегульовані ділянки (L, км)	40.0	60.0	40.0	20.0	30.0
B _о , м	15.0	10.0	8.0	5.0	5.0
B _б , м	5.0	3.0	3.5	2.0	2.5

Приклад розрахунку:

Визначаємо коефіцієнт розвитку заплави окремих ділянок річки

$$K_{\text{запл1}} = \frac{B_0}{B_b} = \frac{600}{40} = 15,0 \quad L_1 = 6 \text{ см} \cdot 200000 = 12 \text{ км}$$

$$K_{\text{запл2}} = \frac{B_0}{B_b} = \frac{400}{30} = 13,3 \quad L_1 = 5,5 \text{ см} \cdot 200000 = 11 \text{ км}$$

$$K_{\text{запл3}} = \frac{B_0}{B_b} = \frac{500}{20} = 25,0 \quad L_1 = 2 \text{ см} \cdot 200000 = 4 \text{ км}$$

$$\begin{aligned}
 K_{\text{запл}} &= \frac{(K_1 L_1) + (K_2 L_2) + (K_3 L_3) + \dots + (K_n L_n)}{L} \\
 &= \frac{K_{\text{запл1}} + K_{\text{запл2}} + K_{\text{запл3}} + \dots + K_{\text{заплn}}}{L} \\
 &= \frac{180 + 146,3 + 100}{27} = 15,7
 \end{aligned}$$

Таким чином, досліджувана річка, маючи коефіцієнт розвитку заплави 15.7, відноситься до річок з високою екологічною значимістю розвитку заплави

Питання для самоконтролю

1. Яке значення має заплава для екосистеми річки?
2. Яке значення мають весняні повені для річкової екосистеми?
3. В чому полягає обмін речовиною та енергією між руслом річки та її заплавою?
4. На які групи поділяються річки, виходячи з коефіцієнта розвитку заплави?

Практична робота №9

Екологічне обґрунтування доочищення стічних та зливових вод

Мета роботи. Ознайомитись з методикою доочищення стічних вод, виходячи з величини БСК., набути навичок розробки заходів з доочищення стічних і зливових вод у басейнах річок.

Теоретична частина. Існуючі методики визначення ефективності очищення стічних вод базуються на розрахунку гранично допустимих скидів шкідливих речовин, які досягаються у водному потоці в створі розбавлення (0.5-1.0 км нижче випуску очищених стічних вод). В той же час з річкової екосистеми свідомо виключається ділянка річки нижче створу скидання стічних вод, що фактично служить продовження мочисних споруд, анаслідки забруднення спостерігаються за всім профілем річки (знищення кормової бази риб, видового складу, погіршення якості води).

До того ж, за екологічний норматив якості води приймаються фактично водогосподарські вимоги того чи іншого виду водокористування.

За екологічний норматив можна прийняти критичні концентрації забруднень, що їх переносить біота без видимих змін її видового складу та біопродуктивності щодо певних індикаторних організмів (мікродоростей, бактерій, бентосних безхребетних, макрофітів, річкової іхтіофауни). Для практичних

розрахунків можна прийняти рибогосподарські нормативи якості води того чи іншого виду рибокористування.

Приклад розрахунку:

Нормативна величина БСК5 для рибогосподарських водойм другої категорії рибокористування - $6.0 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$.

Характеристика водойми вище створу гідрохімічної зйомки БСКз $2.8 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$, витрати води в річці - $4.7 \text{ м}^3/\text{с}$ „Запас” (ємність)концентрації органічної речовини у річці можливий для окислення становитиме

$$C_l = 6.0 - 2.8 = 3.2 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3. \quad (9.1)$$

Маса нетоксичної органічної речовини, що може бути прийнята річковою біотою

$$P_c = C_l Q_l = 3.2 \cdot 4.7 = 15.04 \text{ гО}_2/\text{с} \quad (9.2)$$

При характеристиці очищених стічних вод за БСК5=10.0 $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$ у во дотік може бути скинуто

$$q_c = P_c / L_c = 15.04 / 10.0 = 1.5 \text{ м}^3/\text{с} \quad (9.3)$$

або $129600 \text{ м}^3/\text{добу}$ (з характеристиками стічної води за БСК5 $10 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$) Однак на сьогодні можливості приймальної ємності річкової мережі практично вичерпані. БСК5 річкових вод переважно складає $5.0-10.0 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$. Тому виникає необхідність вирішення питання збільшення приймальної ємності річкової мережі або зменшення маси забруднень, що скидаються.

Вирішення питання за першою проблемою можливе за рахунок:

- збільшення водності річок або підвищення їх самоочисної здатності, розчищення заплав, впорядкування стариць, берегової зони, створення порогів, інтродукція макрофітів.

Вирішення питання за другою проблемою можливе за рахунок:

- впровадження третинного біологічного доочищення стічних вод на очисних спорудах, що надто дорого;

- будівництво біологічних ставів, що вимагає додаткових площ;

- будівництво біоплато.

Останні являють собою мілководні стави, засаджені вищою водяною рослинністю. Такі біоплато разом з перефітоном

(обростаннями) та високою масою макрофітів у п'ять разів активніше переробляють органічні речовини.

Порядок виконання роботи

Завдання: Розробити заходи з доочищення стічних і зливових вод у басейнах річок при таких вихідних характеристиках.

Таблиця 9.1

Вихідні дані

Характеристики	Басейни річок, створ					
	1*	2*	3*	4*	5*	6*
Витрата води річки Q, м ³ /с	3.5	1.5	6.8	4.5	6.7	10.1
БСК5 річкових вод, мгО ₂ /дм ³	7.8	6.9	5.5	5.6	5.2	5.1
БСКз зливових вод, мгО ₂ /дм ³	25.0	22.0	20.0	30.0	26.0	29.0
БСК5 стічних вод, мгО ₂ /дм ³	25.0	26.0	28.0	23.0	22.0	25.0
q стічних вод, м ³ /с	1.5	2.0	2.8	2.2	2.9	2.9
Рибогосподарський норматив, БСК5, мгО ₂ /дм ³	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
Вартість доочищення 1м ³ стічних вод на очисних спорудах, гривні, тис.	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Вартість 1 га біологічних ставів, гпивні тис.	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Вартість 1 га біоплато, гривні	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0

Примітка: 1* - р. Іква, нижче м. Дубно; 2* - р. Устя, нижче м. Рівне; 3* - р. Горинь, нижче с. Деражно; 4* - р. Турія, нижче м. Ковель; 5* - р. Случ, нижче м. Сарни; 6* - р. Стир, нижче м. Луцька

Питання для самоконтролю

1. Чому необхідно доочищати стічні та злизові води?
2. Як розрахувати по величині БСК5 кількість стічних вод, яка може бути скинута в річку?
3. Якими шляхами можна збільшити приймальну ємність річкової мережі?

Практична робота №10

Визначення еколого-економічної ефективності заходів з оздоровлення річкових екосистем, порушених гідротехнічним та меліоративним будівництвом

Мета роботи. Набути навичок визначення еколого-економічної ефективності заходів з оздоровлення річкових екосистем, порушених гідротехнічним та меліоративним будівництвом.

Теоретична частина. Основними критеріями, що характеризують екологічний стан водного середовища річки, є:

1. Величина коефіцієнту звивистості, $K_{зв}$ (див. том 1).
2. Величина коеф. розвитку заплави, $K_{запл}$.
3. Величина коеф. зарегульованості, $K_{зарег}$
4. Екологічні витрати води, $Q_{ек}$
5. Величина екологічного індексу якості води, I_e

Тобто, якщо значення кожної з характеристик для /-того басейну прийняти за екологічний оптимум (басейн умовно не порушений), то його можна виразити у вигляді наступного рисунку (рис. 10.1).

При екологічно необґрунтованій господарській діяльності ці параметри ($K_{зв}$, $K_{запл}$.) порушуються, що негативно впливає на екологічний стан екосистеми річки (рис. 10.2).

Таблиця 10.1

Порівняльні дані антропогенної трансформації екосистеми річки

Характеристики	Екологічний оптимум, не порушена річка	Антропогенно трансформована річка	$\pm\Delta A$
$K_{зв}$	2.0	1.0 (канал)	+1.0
$K_{запл}$	2.5	1.0 (річка не виходить з берегів)	+1.5
$K_{зарег}$	0.68	0.2	-0.98
$Q_{ек} - м^3/с$	2.0	0.5	-1.5
$I_{ек-од.}$	2.0	5.0	+3.0

Необхідно вирішити завдання - за рахунок чого можна вийти із ситуації, яка склалася. Адже екологічна ємність системи переважана у 4 рази $S_{ek} = 1.0$ (рис. 10.1), $S_e = 0.25$ (рис. 10.2).

Можна проаналізувати для поліпшення існуючого стану наступні ситуації:

1. Поліпшити якість води ($I_{ек}$) через будівництво руслового або берегового біоплато.
2. Передбачити будівництво літнього польдеру з затопленням земель талими водами, каналами-рибоходами та нагульним ставом, що з'єднані з основним руслом річки.
3. Побудувати став-накопичувач, що збільшить витрати у межінь.
4. Відмовитись від прямоточних каналів, збільшити $K_{звив}$.
5. Дотримуватись правила генерала Жилінського - осушення до червоної лінії, що забезпечує затоплення заплави уповінь.
6. Ліквідація мілководних зарослих руслових ставів.

Таблиця 10.2

Зведена таблиця приведених витрат на оздоровлення річкового басейну

№ з/п	Види компенсаційних робіт	Характеристика	Вартість, тис.у.од.	Приведена вартість	Першочергові роботи
1	а) будівництво очисних споруд (для зниження	I_c	200.0	40.0	+
	б) будівництво біоплато	I_e	5.0	1.0	
2	Ліквідація мілководних ставів, 40 га	$K_{зарег}$	80.0	16.0	+
3	Розчистка русла.	$K_{звив}$	100.0	20.0	+
	а) відновлення звивистості на відстані		10.0	2.0	
	б) будівництво зимувальної ями		20.0	4.0	
	в) будівництво				
4	Будівництво ставу-накопичувача у	$K_{ек}$	100.0	20,0	

5	Будівництво а) літнього польдеру б) обладнання на заправу під час	$K_{\text{розв.запл}}$	150.0	50.0	+
			15.0	3.0	

Примітка: за одиницю масштабу графіка приймається вартість будівництва 1 га біоплато (рис. 10.3-10.4).

Порядок виконання роботи

Таблиця 10.3

Вихідні дані

№ з/п	Назва річки	Екологічні характеристики річки				
		Кзв.	Кзарег.	Кроз.запл.	Кек.	(Зекз,
1	Льва	2.6/1.2	0.8/2.0	5.0/1.0	2.0/5.0	2.5/0.8
2	Липа Золота	2.0/1.1	0.6/1.9	4.0/1.5	1.0/8.0	3.5/2.8
3	Зульня	2.3/1.0	0.5/1.0	3.0/1.0	1.1/6.0	1.8/0.8
4	Стубла	2.9/1.2	0.8/0.2	5.0/1.0	1.0/5.0	2.0/1.0
5	Стави	2.0/1.0	0.8/2.5	3.0/1.0	1.0/7,0	1.5/0.5
6	Деоажнянка	1.9/1.0	0.3/2.9	3.0/1.0	1.0/8.0	1.0/0.5
7	Збитенька	2.2/1.2	0.6/1.5	4.0/2.0	1.0/5.0	2.5/1.0
8	Чаква	2.0/1.1	0.5/1.0	4.0/1.0	1.0/5.0	2.8/1,2
9	Беоожанка	2.0/1.3	0.6/1.6	3.0/1.0	1.0/8.0	1.9/0.9
10	Мельниця	2.1/1.0	0.5/1.5	3,0/1.0	1.0/4.0	1.6/0.5

Примітка: значення подаються у чисельнику – до трансформації русла і заправи, у знаменнику - після.

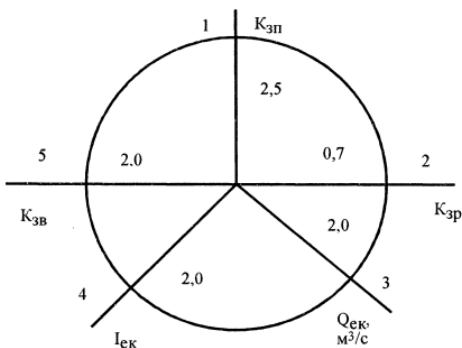


Рис. 10.1. Екологічний оптимум річкової екосистеми

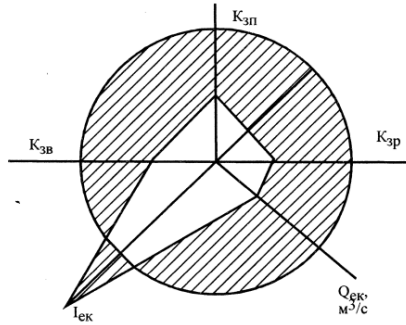


Рис. 10.2. Антропогенно трансформована екосистема річки

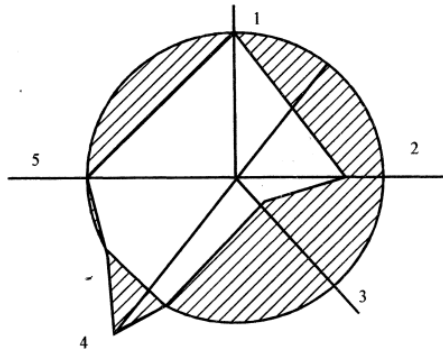


Рис. 10.3. Відновлення екосистеми річки. Заштрихована частина - залишкові антропогенні зміни (II етап відновлювальних робіт)

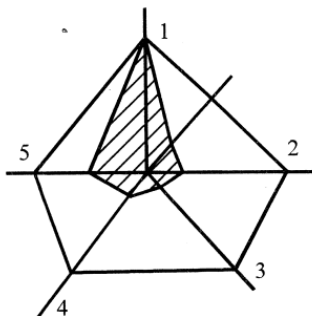


Рис. 10.4. Графік приведених витрат на відновлення річки.
Заштриховано - першочергові витрати

Примітка: чисельник - характеристики річки до антропогенних змін, знаменник - характеристики річки після трансформації басейну

Вартість компенсаційних природоохоронних робіт:

Розчищення 1км русла річки (обладнання зимувальної ями, нерестилища) - 2.0 тис.у.од.

Будівництво біоплато 1.0га - 5.0 тис.у.од.

Відновлення заплави 1.0 га - 2.0 тис.у.од.

Будівництво очисних споруд біологічного очищення - 30,0тис.у.од. на 1.0 тис.м³ стічних вод на добу.

Будівництво става - накопичувана - 20.0 тис.у.од. на 1.0 тис.м³ води.

Завдання для виконання роботи

1. Побудувати графіки екологічного оптимуму.
2. Побудувати графіки антропогенних змін та визначити Бсь
3. Побудувати графік приведених витрат та намітити шляхи оздоровлення екосистеми.
4. Побудувати графік очікуваних результатів по відновленню екосистеми та визначити Бек

Питання для самоконтролю

1. Які характеристики входять в екологічний оптимум річкового басейну?
2. Які ще екологічні характеристики можна врахувати?
3. Що означає поняття “приведена вартість”?

4. Що означає поняття “екологічний норматив якості води”? Як його визначити?
5. Як оцінити ефективність природоохоронних заходів?

Практична робота №11 **Вибір оптимальних стратегій оздоровлення басейнів річок з явищами стагнації та кризовим режимом**

Вибір оптимальних стратегій реабілітації басейнів річок з явищами стагнації

Із огляду наукової літератури з економіки природокористування ми бачимо, що екосистеми басейнів - це відкриті біокосні системи з складними біоенергетичними та гідрологічними зв'язками, саморегульовані на даний відрізок часу, однак у них, як улюбій кібернетичній системі, можливе знаходження засобів впливу: якщо розглянути економічну модель функціонування екосистеми річкового басейну, то можна виділити лімітуючі чинники впливу та визначити засоби управління, а також обсяги цільових капіталовкладень на реабілітацію середовища.

Відповідно, критерії стратегій щодо напрямів оздоровлення басейнів із позицій сьогодення поверхні складаються із: а) сировинних складових; б) соціальних складових; в) екологічних важелів.

Останні не можуть бути проаналізовані без системного аналізу вартості природних ресурсів басейну (W), збитків, нанесених екологічно необґрунтованим господарюванням (Z_6), експлуатаційних затрат, нанесених при використанні ресурсопотоку (Z_{mp}) та прибутку від господарської діяльності (P) (табл.1).

Екологічні

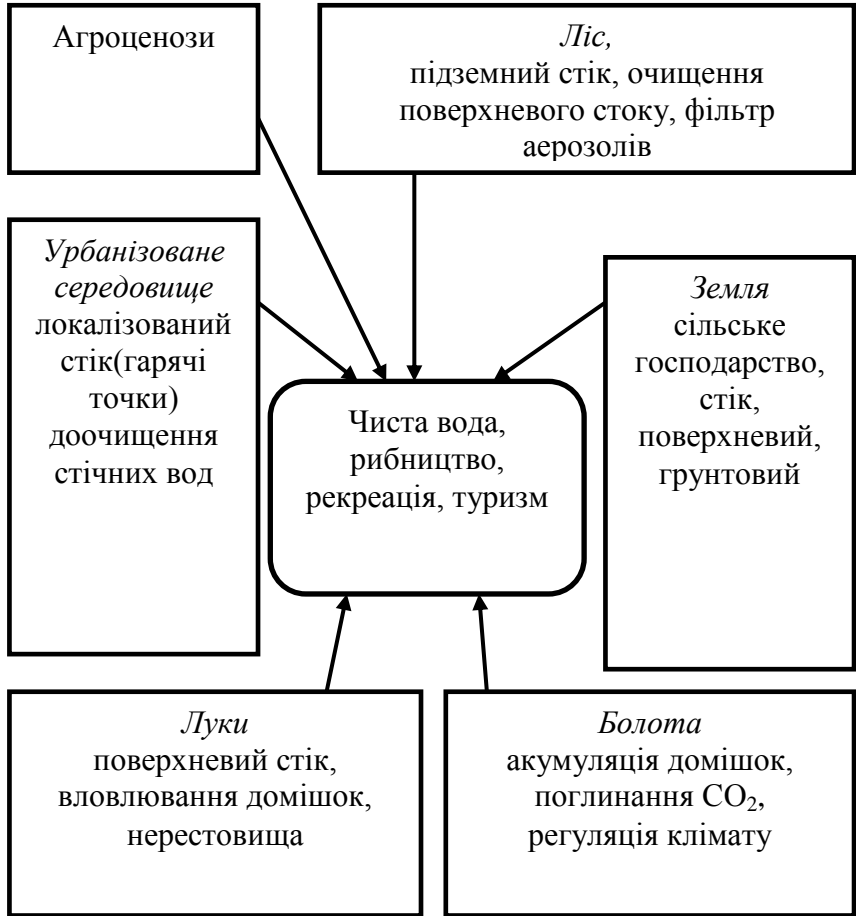


Рис.2. Еколого-економічна модель функціонування екосистеми річкового басейну

Таблиця 1

Складові для ситуаційного аналізу варіантів оздоровлення екосистеми басейну

Складові ситуаційного аналізу оздоровлення екосистем річкового басейну	Основні характеристики			
	Вартість, розрахункові формули	Збитки ($Wзб$) їх походження	Експлуатаційні затрати (E)	Прибуток ($Wр.$), джерела походження
1	2	3	4	5
<i>А. Сировинні ресурси</i>				
Вода	$W=Qc$ (с-вартість од.виміру у залежності від споживання)	Забруднення домішками, евтрофікація	Очищення стічних вод, гідротехнічне будівництво	Утилізація домішок, формування якості води.
Земля	$W=Fck$ (к-коеф. враховує якість ґрунтів, зональні хар-ки	Ерозія, деградація торф'яників, підтопленням	Боротьба з підтопленням, засоленням; підвищенням вмісту гумусу в ґрунті	рибопродуктивність Врожайність сільгосп культур, тваринництво
Ліс	$W=Fck$	Підтоплення, пожеги, хвороби дерев	Насадження	Фотосинтез, продукція органічної речовини, очищення
Болото Луки	$W=Fck$	Сірководневі виділення, деградація заплавлених луків від пересушенням та випасу	Заболочування деградованих земель, відновлення лучних запалав та травостою	Акумуляція забруднень, грязелікування, торф на паливо, сінокошіння
<i>Б. Соціальні характеристики</i>				

Рекреаційні	$W=Fc$	Деградація ландшафту	Підтримання стійкості ландшафту	Організація відпочинку населення, екологічне навчання
Туризм	$W=Lc$	Деградація екосистеми	Розвиток сфери послуг	Те ж саме
Санаторно-курортне лікування	$W=Nc$	Відсутні	Оптимізація структури ландшафту	Оздоровлення населення
Питне водопостачання	$W=Dcn$ (D-кількість населення, n-регіональні характеристики, c-собіварт.)	Відсутні	Водопідготовка	Збереження здоров'я населення
Грязелікування	$W=Dcn$	Відсутні	Розвиток сфери послуг	Теж саме
<i>В. Економічні</i>				
Рентабельність	Прибуток затрати $R=P/3mp\ 100$	Зростання затрат на оптимізацію структури ландшафту	Впровадження безвідходних технологій, нових наукових розробок	Капіталовкладення у збереження реабілітаційного середовища
Окупність	Прибуток/ капітал	Зростання капіталовкладень		Через 1-2 роки

Як бачимо, серед багатьох критеріїв оцінки стану екосистеми та факторів впливу, необхідно вибрати напрями найбільше ефективної і найменше затратної стратегії.

Застосовано метод пошуку економічного обґрунтувань напрямків (стратегій) реабілітації порушених річкових басейнів за мінімальними витратами коштів. Найбільш ефективна в сучасних умовах програма-мінімум: використання для доочищення води заболочених низин, біоплато, ветлендів, створення умов відтворення аборигенної іхтіофауни: відновлення природних нерестовищ, зимувальних ям з

одноразовим впровадженням організаційних заходів із зменшенням надходження домішок в водне середовище.

На сьогодні в еколого-економічних дослідженнях недостатньо відпрацьовані методики багатокритеріального аналізу вибору стратегій реабілітації порушених річкових екосистем [12, 13, 37]. Одним з можливих методів такого множинного аналізу можна використати метод Борде, запропонований ще у XVIII столітті (проводиться за Kowalczak P., Novakowski P). Об'єктом дослідження є басейн р. Удай (права притока р. Сули). Довжина річки 320 км. площа басейну - 7030 км². Басейн значно розорений - 60,0 %. Болота займають 9,0 % поверхні водозбору, ліси - 3,5 %. Заплавні луки деградовані. Водність річки низька, стік за рік складає біля 0,4 км³. Спостерігаються локальні явища стагнації та старіння річкової екосистеми, заболочування, заморів риб. Серед багатьох факторів впливу необхідно знайти найменш витратну та визначити ефективну стратегію реабілітації екосистеми.

А. Стратегія просторово-ландшафтна (комплексна).

В. Стратегія економічна (за приведеними витратами).

Розглянемо у цій роботі певний вид стратегії - стратегія просторово-ландшафтна за допомогою рішення множинно - критеріальних величин (Датон-Карл де Борде, 1770).

Стратегія А. Комплексна, просторово-ландшафтна, ситуації:

S₁ - без змін, спостерігатиметься подальша деградація екосистем басейну;

S₂ - зменшення забруднень від локалізованих джерел забруднення комунальних стічних вод мм. Пірятин, Прилуки, Барва за рахунок впровадження третинної системи очищення комунальних стічних вод;

S₃ - розробка і реалізація планів комплексного використання і охорони басейнів р. Удай та її приток, дотримання положень охорони заплави;

S₄ - розробки планів рекультивациі деградованих земель та ренатуралізації приток з метою попередження проникнення забруднень, розвиток рибальства, туризму, рекреації;

S₅ - програма максимум — значні капіталовкладення на очищення стічних вод, зміна структури суходільних ценозів та

просторове ландшафтне планування території;

S₆ - програма мінімум — використання заболочених низин, біоплато, ветлендів із зменшенням попадання N, P, K, C, Pe, Mn, відновлення природних нерестовищ, зимувальних ям;

S₇ - залуження тимчасових видолинків, впорядкування прибережних смуг і дотримання режиму їх використання, регламентація внесення гною (за NO₂) на сільгоспугіддя, утилізація фітомаси ВВР та мулу;

S₈ - збільшення біологічної буферності суходільних ценозів (залісення, залуження до оптимальних значень).

Критерії вибору стратегій оздоровлення річкових басейнів з явищами стагнації.

I. - економічні (E); k₁ - інвестиційні; k₂ - експлуатаційні, утилізація фітомаси, рибальство, тваринництво; k₃- зміна представницької вартості територій (відпочинок, спорт); k₄ - адміністративні витрати (служба моніторингу, землевпорядкування). II. - суспільні (S) K₅ - зміни житлових умов, рівень урбанізації; k₆ - необхідність реабілітації і поліпшення споживчих вимог; k₇- підвищення естетичного рівня; k₈- збитки від погіршення стану. III. - природні (P) k₉ - вплив на середовище шляхом впровадження (інтродукції) нових видів рослин і тварин, зниження демографічного навантаження k₁₀ - дотримання оптимальної структури басейнів водотоків і водозборів; k₁₁ - охорона довкілля (організаційні питання); k₁₂ - ренатуралізація порушених систем.

Таблиця 2
Експертна оцінка стратегій щодо прийнятих критеріїв

Групи	Крите рії	Стратегії							
		S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈
Е економічні	k ₁	0	0,5	0,8	1,0	1,0	0,5	0,3	0,7
	k ₂	0	0,5	0,5	0,5	1,0	0,6	0,3	0,7
	k ₃	0,1	0,1	0,1	0,7	1,0	0,8	0,3	0,7

	k ₄	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,2	0,1	0,2
S Суспільні	k ₅	0,5	0,6	0,6	0,7	1,0	0,6	0,3	0,6
	k ₆	0,3	0,3	0,3	0,6	1,0	0,7	0,3	0,3
	k ₇	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	0,8	0,6	0,6
	k ₈	1,0	0,5	0,4	0,3	0,1	0,3	0,3	0,3
P Природні	k ₉	1,0	0,5	0,2	0,8	1,0	1,0	0,3	0,9
	k ₁₀	0,5	0,3	0,5	0,6	0,5	0,6	0,3	0,3
	k ₁₁	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,3	0,3	0,5
	k ₁₂	0	0	0,5	0,7	1,0	0,8	0,6	0,5

Необхідно вирахувати суму факторіальних значень D_n

$$S_i \rightarrow S_j D_i < D_j; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Найкраща стратегія визначена як найвитратніша (програма максимум)

$$S_j = S_a \max (D_n); \quad j = 1, 2 \quad (3)$$

і як найменш витратна (програма-мінімум)

$$S_j = S_a \min (D_n); \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

Заключний вигляд найменш затратної стратегії матиме вигляд (впорядку зменшення вартості) – S₈S₆S₇S₄S₃S₁S₂S₅

і як найбільш затратної - S₅S₂S₁S₃S₄S₇S₈ S₆(в порядку зростання вартості).

Таблиця 3

Ієрархія ціни критеріїв вибору стратегії реабілітації басейніврічок.(за групами 1,0 до 4,0)

Група критеріїв	Критерії	Значення K _i ,	Сума критеріїв за групами
E	k ₁	4,0	10,0
	k ₂	3,0	
	k ₃	2,0	
	k ₄	1,0	
S	k ₅	2,0	10,0
	k ₆	3,0	
	k ₇	1,0	

	k_8	4,0	
P	k_9	3,0	10,0
	k_{10}	1,0	
	k_{11}	2,0	
	k_{12}	4,0	

Таблиця 4

Визначення значень Критерію D_{\min}

Критерії	Стратегія							
	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8
k_1	7	1	1	1	1	4	4	1
k_2	7	2	4	5	2	5	6	3
k_3	6	6	9	6	3	6	7	6
k_4	3	4	6	8	5	9	10	11
k_5	3	3	5	6	3	7	5	7
k_6	4	2	4	4	2	3	6	5
k_7	6	5	8	9	6	8	7	9
k_8	1	1	3	7	1	7	2	7
k_9	2	2	7	3	2	2	3	2
k_{10}	5	5	4	9	7	9	9	9
k_{11}	3	4	6	7	4	9	8	10
k_{12}	7	7	2	2	1	1	1	4
D_n	51	42	59	64	37	70	68	74

Тобто, більш придатне прийняття малозатратної програмінімім (S_6), збільшення буферної ємності структури басейну (S_8) (просторове ландшафтне планування) та залуження тимчасових водотоків (видолинків),впорядкування прибережних смуг і дотримання режиму їх використання (S_7).

Програма максимум може реалізуватись у пізніші терміни

Запропонований метод вибору економічно оптимальних стратегій оздоровлення помірно порушених ($E_n \geq 3$) басейнів на основі множинно-критеріальних рішень дає можливість прийняти найбільш сприятливих і дешевих напрямів, однак вимагає кваліфікації експертів.

Доцільність капіталовкладень в оздоровлення довкілля визначає рівень рентабельності або рівень досягнення таких результатів, що сприяють проживанню населення на даній території та гарантують сприятливу якість ресурсопотоку та охорону і збереження довкілля.

Отримані результати напрямів оздоровлення басейнів річок за методом Бордеможуть бути порівняні з результатами отриманими за іншими методами — компромісного програмування (за віддаленістю від оптимального рішення), та методу Копеланда (за найменшою величиною критеріальних значень) у ряду стратегій.

Вибір оптимальних стратегій реабілітації екосистем басейнів річок з кризовим режимом (при $E_n \leq 2$)

Сьогодні на Україні всі поверхневі води характеризуються нестабільною екологічною ситуацією внаслідок зміни гідрологічного режиму, впливу забруднень, евтрофікації.

Вибір стратегії реабілітації таких річкових систем являється особливо актуальним. Стратегія реабілітації екосистем басейнів річок з кризовим режимом складається також з трьох блоків, економічного (Е), соціального (Б) та природного (Р).

Нами виділені наступні компоненти цих блоків :

I. Економічний блок (Е) : k_1 - інвестиційні капіталовкладення на реабілітацію екосистеми , k_2 - експлуатаційні витрати - покращення експлуатації очисних і водоохоронних споруд, утилізація фітомаси ВВР та її, рибальство, тваринництво; k_3 – зміна – погіршення або

покращення – представницької вартості території (відпочинок, спорт); k_4 – адміністративні витрати (служба моніторингу, землевпорядкування); II– соціальний блок (S) k_5 - відселення населення з кризових регіонів ; k_6 - погіршення умов водокористування, рибальства, відпочинку, інтродукція риб; k_7 - погіршення естетичного рівня, необхідність його поліпшення; k_8 - збитки від захворювань, екологічне виховання населення. III. - природний блок (P): k_9 - вплив господарської діяльності на середовище - заболочування, загибель риби, необхідність додаткових затрат, пере розорювання, внесення добрив, переосушення; k_{10} - повернення до оптимальної структури суходільних та водних біоценозів, додаткові затрати;

k_{11} - моніторинг середовища, впровадження оперативних систем управління; k_{12} - ренатуралізація порушених річкових екосистем та підсистем.

Таблиця 5

Експертна оцінка стратегії щодо прийнятих критеріїв
(від 0,0 до 1,0)

Групи	Критерії	Стратегії							
		S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈
Е економічні	k_1	0	0	0	0,1	1,0	0,6	0,2	0,3
	k_2	0	0,5	0,2	0,3	0,5	0,5	0,3	0,2
	k_3	0	0	0,1	0,2	0,8	0,5	0,3	0,5
	k_4	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,5	0,3	0,5
S соціальні	k_5	0,1	0,2	0,4	0,3	0,5	0,5	0,5	0,3
	k_6	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	0,5	0,3	0,3
	k_7	0,1	0,1	0,1	0,2	0,5	0,4	0,3	0,5
	k_8	0	0,1	0,3	0,3	0,5	0,4	0,2	0,5
P	k_9	0	0,4	0,3	0,3	0,5	0,5	0,3	0,5

природні	k_{10}	0	0,4	0,4	0,1	1,0	0,2	0,2	1,0
	k_{11}	0,1	0,1	0,1	0,1	1,0	0,5	0,3	0,5
	k_{12}	0	0	0,1	0,3	1,0	0,4	0,2	0,8

Для вирішення назрілих екологічних проблем у басейні можемо використати наступні стратегії: S_1 - нічого не робити, хай буде так, як є; S_2 - лімітувати викид забруднень на очисні споруди біологічного очищення комунальних стічних вод, впорядкування санітарного стану урбанізованих територій; S_3 - регламентувати природокористування у басейні, впровадити режим використання і охорони прибережних смуг річок; S_4 - викошування і видалення вищої водяної рослинності з мілководь розчищеного русла; S_5 - програма-максимум, а саме: державні і залучені капіталовкладення на будівництво очисних споруд комунальних стічних і зливових вод, впорядкування структури ландшафту; S_6 - програма-мінімум, а саме: використання елементів ландшафту - боліт, лощин, стариць для доочищення стічних вод, відновлення заплавних нерестовищ, зимувальних ям у озерах, ставах та руслах річок; S_7 - залуження тимчасових водотоків, виконання агроправил обробітку земель на прилягаючих схилах; S_8 - збільшення біологічної буферності поверхні водозбору, залісення, залуження до оптимальних регіональних значень. Визначимо ієрархічну ціну критеріїв K_i (табл.6).

Визначимо найзатратніші стратегії (найкращі) та менш затратні (табл.7).

Розрахунки ведемо за блоками згідно формули

$$D_i = \sum k_{ij}(5)$$

визначаючи порядок значень Π від максимального до мінімального, при цьому $k_{ij}k_{ip}$ =- вагова ціна.

Заключний вигляд найменш затратної стратегії наступний (в порядку зменшення вартості робіт)

$$S_7 S_8 S_3 S_4 S_2 S_5 S_6 S_1$$

І як найбільш затратної (в порядку зростання вартості робіт)

$$S_1 S_2 S_5 S_6 S_4 S_3 S_7 S_8.$$

Таблиця 6

Ієрархія ціни критеріїв вибору стратегії реабілітації басейнів річок (загрупами від 1,0 до 4,0)

Група критеріїв	Критерії	Значення K_i	Сума критеріїв за групами
E	k_1	5,0	10,0
	k_2	3,0	
	k_3	1,0	
	k_4	1,0	
8	k_5	4,0	10,0
	k_6	4,0	
	k_7	1,0	
	k_8	1,0	
P	k_9	3,0	10,0
	k_{10}	4,0	
	k_{11}	1,0	
	k_{12}	2,0	

Таблиця 7

Приклад розрахунку факторіальних значень

Критерії	Експертна оцінка стратегії (табл. 1)	Ієрархічна ціна критеріїв (табл. 2)	Вагова ціна критерію	Значення D_n
k_1	1,0	5,0	5,0	1,0
k_2	0,5	3,0	1,5	4,0
k_3	0,8	1,0	0,8	6,0
k_4	0,4	1,0	0,4	7,0
k_5	0,5	4,0	2,0	3,0
k_6	0,5	4,0	2,0	3,0
k_7	0,5	1,0	0,5	7,0
k_8	0,5	<u>1,0</u>	0,5	<u>7,0</u>
k_9	0,5	3,0	1,5	<u>4,0</u>
k_{10}	1,0	4,0	4,0	2,0
k_{11}	1,0	1,0	1,0	5,0
k_{12}	1,0	2,0	2,0	3,0
D_n				52,0

Таблиця 8

Визначення значення критерію D_{\min}

Критері і	Стратегія							
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈
k ₁	4	6	8	4	1	1	3	3
k ₂	4	2	4	2	4	3	4	6
k ₃	4	6	7	7	6	6	7	7
k ₄	3	5	7	7	7	6	7	5
k ₅	2	4	1	1	3	2	1	4
k ₆	1	4	2	1	3	2	2	4
k ₇	3	5	6	7	7	7	7	7
k ₈	4	5	5	6	7	7	8	7
k ₉	4	3	3	6	4	3	4	3
k ₁₀	4	1	1	2	2	4	5	1
k ₁₁	3	5	6	8	5	6	7	7
k ₁₂	4	6	6	3	3	5	6	2
D _n	37	52	56	54	52	52	61	56

Тобто, у випадку кризових ситуацій раціональним буде прийняття мало затратної технології збільшення буферної ємності територій, залуження видолинків, зменшення впливу агроценозів (розсіяні джерела забруднення), ввести регламент цін на забруднення та природокористування, реалізувати програми мінімум та максимум. Найгірша стратегія - нічого не робити.

В обох випадках в кризових районах ми можемо говорити тільки про порядок ведення компенсаційних робіт - від „нічого не робити там, де це можливо” і „природа знає краще” (принцип Коммонера), що відображено в стратегії 8і, до програми — максимум «за все необхідно платити» (принцип Коммонера), що відображено в стратегії 85. Кризова ситуація вимагає конкретних рішень з реабілітації порушених басейнів річок.

Очевидно, необхідно приймати комплексний варіант стратегій, як з підвищення буферності територій (8ц), попередження попадання розсіяних джерел забруднень (87), ввести регламентацію природокористування (83), знизити

біомасу ВВР в водному середовищі (84), одноразово реалізувати програму-мінімум та програму максимум (85 та 86), інакше деградація екосистеми басейну триватиме

Тобто, сьогодні необхідно міняти стратегію природокористування - від нерегульованого використання природних ресурсів до конкретних дій з реабілітації порушених екосистем та управління станом середовища. Іншими словами - стратегія сталого розвитку і природокористування повинна бути замінена на стратегію виживання нації і реабілітації порушених річкових екосистем

Завдання

Розробити програму-мінімуму і програму-максимуму з відродження екосистеми трансформованих басейнів річок згідно таблиці 9.

Таблиця 9

№ зал.кн.	Досліджуваний басейн
1	Верхівя р.Прип'ять
2	Р. Горинь
3	Р.Случ
4	Р.Стир
5	Р. Устя
6	Р.Іква
7	Р.Стубла
8	Р.Вілія
9	Р. Замчисько
10	Р.Корчик

Список використаної літератури

1. Малі річки України. Довідник. К. : Урожай, 1991. 293 с.
2. Гриб Й. В. Концепція визначення екологічних витрат води у річковій мережі. *Матеріали другого гідроекологічного з'їзду товариства України*, Т.2. С. 196–198.
3. Методичні вказівки з визначення екологічних витрат води у річковій мережі. К. : 1997. 20с.
4. Малі річки України : довідник. К. : Урожай, 1993. 293с.
5. Романенко В. Д. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / Романенко В. Д., Жукинський В. М. та інші. К. : Символ-1, 1998. 28 с.
6. Руденко Л. Г. Методика картографування екологічного стану поверхневих вод України за якістю води / Руденко Л. Г., Разов В. П. та інші. К. : Символ-1, 1998. 48 с.
7. Методика екологічної оцінки стану поверхневих вод України. К. : УНДІВЕП. 1996. 20 с.
8. Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В. Авторська розробка. Відновна гідроекологія порушених річкових систем. Рівне : УДАВГ, 1999. 350 с.
9. Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем (гідрохімія, гідробіологія, гідрологія, управління). Рівне : Волинські береги, 1999. Т.1, 2 . 496 с.
10. Відновна іхтіоекологія (реабілітація аборигенної іхтіофауни природних водойм України) / під редакцією Й. В. Гриба, В. В. Сондака. Рівне : Волинські береги, 2007. 630 с.
11. Сондак В. В. Відновна іхтіоекологія природних водойм Західного Полісся України. Рівне : Волинські береги, 2008. 296 с.