

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**РОЗРАХУНОК ТОПОГРАФІЧНИХ ТА МОРФОМЕТРИЧНИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОСХОВИЩА І ЗМІНИ ЯКОСТІ  
ВОДИ В НЬОМУ**

Одеса – 2014

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РОЗРАХУНОК ТОПОГРАФІЧНИХ ТА МОРФОМЕТРИЧНИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОСХОВИЩА І ЗМІНИ ЯКОСТІ ВОДИ В  
НЬОМУ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового проекту  
з дисципліни «ГІДРОМЕТРІЯ ТА ГІДРОХІМІЯ»

для студентів III курсу природоохоронного факультету  
Напрямок – 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та  
збалансоване природокористування»  
Спеціальність - 7(8).04010602 «Прикладна екологія та збалансоване  
природокористування»  
Спеціалізація - Гідроекологія

«Затверджено»  
на засіданні методичної комісії  
природоохоронного факультету  
Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_ \_\_\_\_\_ 2014 р.

Методичні вказівки до виконання курсового проекту «Розрахунок топографічних та морфометричних характеристик водосховища і зміни якості води в ньому» з дисципліни «Гідрометрія та гідрохімія». Укладач: Яров Я.С., ст. викл. – Одеса, ОДЕКУ, 2014. – 54 с.

Методичні вказівки призначені для студентів III курсу природоохоронного факультету курсу денної форми навчання за спеціальністю 7(8).04010602 «Прикладна екологія та збалансоване природокористування» по спеціалізації «Гідроекологія».

## ЗМІСТ

Передмова	4
1 Топографічні характеристики водосховищ	5
1.1 Визначення площі дзеркала водосховища	5
1.2 Визначення об'єму водосховища	5
1.3 Визначення середньої глибини водосховища при різних відмітках його наповнення	6
1.4 Побудова кривих залежності площі дзеркала, об'єму водосховища та середньої глибини від горизонту води в водосховищі	7
1.5 Побудова поздовжнього профілю водосховища	8
2 Морфометричні характеристики водосховища	9
2.1 Порядок побудови профілю поперечного перерізу	9
2.2 Обчислення морфометричних параметрів руслового перерізу	9
3 Параметри якості води водосховища та їх визначення	13
3.1 Основні риси гідрохімічного режиму водосховищ	13
3.2 Основні вимоги до якості води водосховища при його комплексному використанні	14
3.3 Розрахункова методика прогнозу змін гідрохімічного режиму водосховища	14
3.4 Застосування розрахункової схеми до прогнозу якості води	16
4 Оцінка якості води за гідрохімічними показниками	18
4.1 Загальна оцінка впливу спорудження водосховища на довкілля	18
4.2 Оцінка за величиною індексу забруднення води (ІЗВ)	19
4.3 Оцінка за комбінаторним індексом забруднення (КІЗ)	21
4.4 Оцінка за методикою НДІ гігієни ім. Ф.Ф. Ерисмана	26
4.5 Екологічна оцінка якості води за відповідними категоріями	27
4.6 Оцінка якості води для зрошення	32
5 Структура, оцінювання, захист курсового проекту	38
Рекомендована література	40
Додаток А	41
Додаток Б	52

## ПЕРЕДМОВА

Курсовий проект «Розрахунок топографічних та морфометричних характеристик водосховища і зміни якості води в ньому» з дисципліни «Гідрометрія та гідрохімія» виконується студентами в 6 семестрі навчання.

Основна мета роботи – ознайомлення майбутніх гідроекологів з комплексом розрахунків, які треба виконати інженеру-проектувальнику для планування, будівництва та ефективної експлуатації водосховища – важливого елемента водогосподарського використання гідросфери. Враховуючи комплексний характер влаштування водосховищ, важливо виробити правильну стратегію їх водогосподарського використання для зниження негативних наслідків антропогенного впливу на довкілля.

При виконанні курсового проекту студент спирається на знання, набуті ним з різних предметів – «топографія з основами картографії», «гідрометрія та гідрохімія», «гідраліка рік і водоймищ». Студентом вивчаються та застосовуються існуючі методи оформлення польових та лабораторних досліджень. Практичні вміння, набуті студентом, в подальшому значно допоможуть йому в навчанні, при проходженні навчальних практик, роботі на виробництві.

Після виконання всіх завдань студенти повинні вміти кваліфіковано здійснювати розрахунки економічної ефективності функціонування водосховищ (визначення та побудова кривих залежності об'єму та глибин водойми від відмітки її наповнення), оцінювати тривалість та режим використання водосховища (розрахунок морфометричних характеристик ложа водосховища), прогнозувати якість води та динаміку її зміни з часом (застосовуючи методи математичного моделювання процесів трансформації гідрохімічних характеристик якості вод річки-водопостачальника під час їхнього проходження від верхнього до нижнього б'єфа водосховища). Останнє особливо важливо через те, що водосховища питного, рибогосподарського та зрошувального використання мають за якістю своєї води відповідати існуючим стандартам і вимогам. Також студенти опановують методиками оцінки якості води майбутнього водосховища для господарсько-питних потреб, рибництва та екологічної оцінки якості води.

У відповідних главах методичних вказівок наводяться необхідні теоретичні та практичні відомості по проведенню розрахунків, наприкінці наводяться вимоги до структури та оформлення курсового проекту, стандарти ведення графічних робіт, процедура захисту роботи та порядок її оцінювання. Наводиться також перелік основної та додаткової літератури, яка необхідна для оформлення теоретичної частини та має допомогти студентам при підготовці проекту. Наприкінці, в додатках, містяться варіанти завдання для розрахунків.

# 1 ТОПОГРАФІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОСХОВИЩ

## 1.1 Визначення площі дзеркала водосховища

Головною топографічною характеристикою водойми виступають криві залежності площ дзеркала та об'ємів від позначки наповнення водосховища. Для отримання цих характеристик треба мати матеріали великомасштабної планово-висотної з'йомки району майбутніх затоплень, які готуються у вигляді планів місцевості в горизонталях (видає викладач).

Площі дзеркал водосховища при тих чи інших положеннях межі затоплення визначаються на планах з'йомки площ, які обмежені контурами горизонталей і лінією поздовжньої осі підпорної споруди, яка замикає горизонталі з обох берегів. Обчислення площ замкнених таким чином контурів виконується за допомогою палетки з клітинками площею 1 см<sup>2</sup>.

## 1.2 Визначення об'єму водосховища

Об'єм водосховища можна підрахувати за формулою:

$$V = \int_{Z_0}^{Z_n} F dZ \quad (1.1)$$

В даному випадку математично описана функція  $F=f(Z)$ , тобто, залежність об'єму водосховища від рівня води в ньому. Вирішити цей вираз важко, бо немає аналітичного виразу для кривої  $F=f(Z)$ . Тобто, важко підібрати криву, яка б описувала це рівняння. Тому об'єм водосховища визначається наступним чином: площі дзеркала водосховища обчислюються методом палетки на плані з'йомки площ різних контурів в водосховищі, які обмежені лініями горизонталей – глибин (тобто, площа при різних рівнях води).

Нехай в межах найменшого підпору до відмітки  $Z_n$  отримано ряд значень площ дзеркала  $F_1, \dots, F_n$ , по яких побудована залежність  $F=f(Z)$ . Практично об'єм для будь-якої відмітки  $Z_n$  визначають шляхом додавання від самої низької відмітки  $Z_0$  до поверхні її часткових об'ємів  $\Delta V$ , що обчислюють за формулою:

$$\Delta V = 0.5(F_i + F_{i+1})\Delta Z, \quad (1.2)$$

де  $\Delta V$  – частковий об'єм водосховища між горизонталями  $Z_i, Z_{i+1}$ ;  
 $F_i, F_{i+1}$  – площі дзеркала водосховища на відповідних відмітках;

$$\Delta Z = Z_{i+1} - Z_i \quad (1.3)$$

Якщо крива об'ємів будується від відмітки урізу води природної водойми або від нижньої горизонталі дна  $Z_0$ , для якої відповідна площа  $V_0$  має кінцеве значення, перший частковий об'єм будується від нижчої відмітки дна в точці, то відповідна їй  $F_0=0$ , формула для першого часткового об'єму:

$$\Delta V = 0.33 F_1 \Delta Z_{0-1} \quad (1.4)$$

Повний об'єм наповнення водосховища обчислюється за формулою:

$$V = \sum \Delta V_i \quad (1.5)$$

Тобто, повний об'єм водосховища дорівнює сумі часткових об'ємів за різних відміток його заповнення.

### 1.3 Визначення середньої глибини водосховища при різних відмітках його наповнення

Важлива характеристика водосховища – залежність середньої глибини від відмітки наповнення.

Середня глибина – це добуток від ділення об'єму води  $V$  на площу  $F$  дзеркала при тій самій відмітці наповнення:

$$h_{сеп} = \frac{V_i}{F_i} \quad (1.6)$$

Приклад розрахунку наведений в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Визначення площі дзеркала, об'єму, середньої глибини водосховища при різних відмітках рівня води

Горизонталь (м)	Горизонт води (м)	Площа (м <sup>2</sup> )	$\Delta V = \bar{F} \Delta h$	$V = \sum \Delta V_i$	$h_{сеп} = \frac{V_i}{F_i}$
46	0	6916000	6083000	19323500	2,8
47	1	11014500	8965250	28288750	2,9
48	2	12250000	11632250	39921000	3,2
48,5	2,5	23145500	17697750	57618750	3,5

Обраховану таблицю поміщують в додаток А курсового проекту, посилаючись на неї у тексті.

#### 1.4 Побудова кривих залежності площі дзеркала, об'єму водосховища та середньої глибини від горизонту води в ньому

Основними топографічними характеристиками водосховища є криві залежності площ дзеркала та об'єму, а також середньої глибини від відмітки підпірного горизонту (наповнення водосховища). На основі обчислених даних  $F$ ,  $V$ ,  $h_{сер}$  проводиться побудова залежностей  $F=f(Z)$ ,  $V=f(Z)$ ,  $h_{сер}=f(Z)$ . Криві викреслюються на один графік із загальною шкалою відміток (вісь  $OY$ ) та різними шкалами  $F$ ,  $V$ ,  $h_{сер}$  (вісь  $OX$ ). Вказані криві дозволяють знаходити характеристики водосховища при різних рівнях води, що полегшує гідрометричні розрахунки при будівництві гідротехнічних споруд. Таким чином, є можливість легко знайти площу дзеркала та об'єм водосховища при будь-якому його наповненні. Вигляд вказаного графіка на рис. 1.1 ( $Z$  – горизонти заповнення водосховища, м). Отриманий графік поміщують в додатку А курсового проекту, посилаючись на нього по тесту.

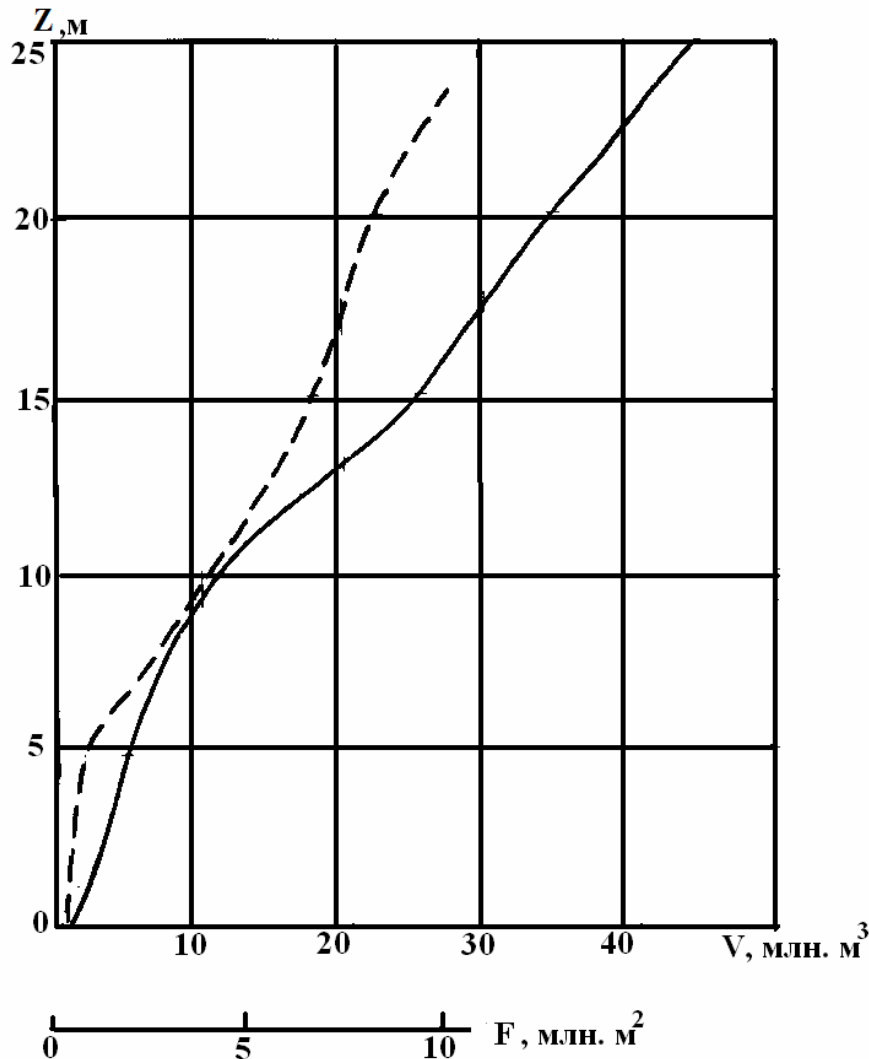


Рис. 1.1 – Залежності 1)  $F=f(H)$ , 2)  $V=f(H)$



## 1.5 Побудова поздовжнього профілю водосховища

Якщо зробити поздовжній переріз русла річки по лінії фарватеру на певній ділянці річки та випрямити його, то отримаємо поздовжній профіль ділянки річки. Через велику різницю між розмірами повздовжнього профілю річки по довжині (кілометри) та глибині (метри) при побудові профілю вертикальний масштаб беруть детальнішим за горизонтальний.

Поздовжній профіль графічно показує особливості падіння відміток дна головної річки вниз за її течією. На профілі можна позначити величини підпору рівня річки від греблі водосховища певної висоти. На такому профілі показують: лінію дна річки по фарватеру, меженний рівень води, максимальний рівень води, греблі, нормальний підпірний рівень (НПР), рівень мертвого об'єму (РМО). Приклад оформлення наведено на рис. 1.2.

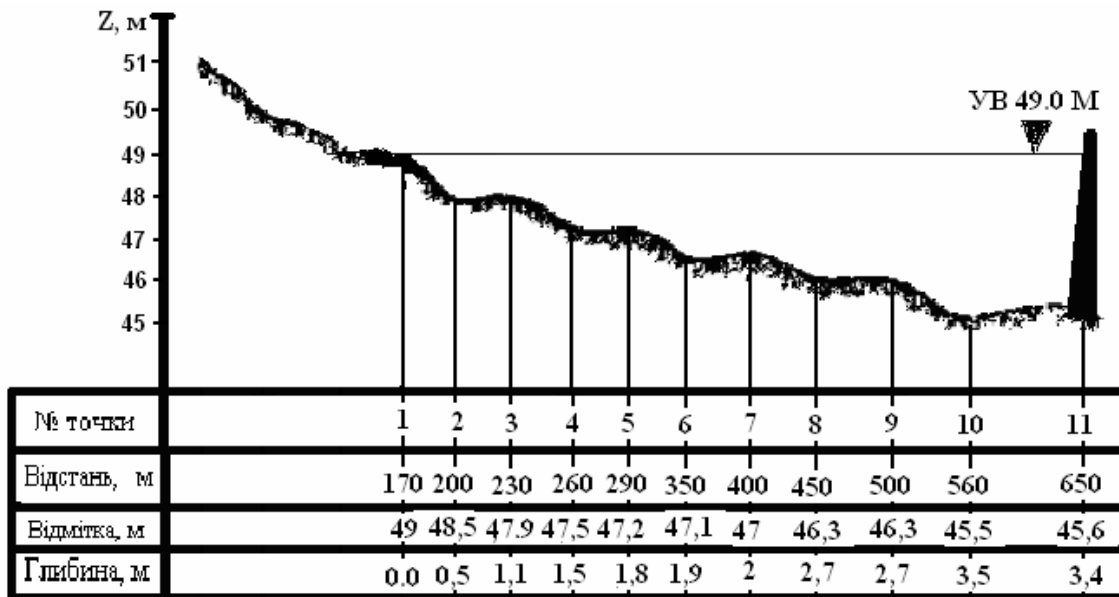


Рис. 1.2 – Поздовжній профіль водосховища

Профіль будується на аркуші міліметрівки (формат А<sub>4</sub>) на основі фрагмента топографічної карти зі схемою водосховища, яка видається викладачем. Для цього на карті вздовж центра річки проводиться лінія від верхів'я водосховища до його греблі, через рівні відстані на лінії намічаються точки, в яких по горизонталям знімають абсолютні відмітки. По відмітці рівня затоплення, в кожній точці вираховують глибину. Для побудови профілю складають таблицю. Де наводять № точки, відстань від постійного початку (верх водосховища), абсолютна відмітка в точці (по горизонталям), відносна відмітка в точці (глибина). За цими даними олівцем в обраному масштабі викреслюють профіль, під яким роблять рамку з вхідними даними (рис. 1.2). Таблицю та малюнок поміщують в додатку А курсового проекту, посилаючись на них у тексті.

## 2 МОРФОМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОСХОВИЩА

### 2.1 Порядок побудови поперечного перерізу

Профіль поперечного перерізу дає змогу оцінити розподіл глибин у створі. Він будується на основі даних промірів глибин води від одного берега річки (водосховища) до іншого. Для цього перпендикулярно до лінії поздовжнього профілю водосховища, яка проведена на плані, рівномірно (через рівні відстані) намічаються промірні створи. Всього проводять 10 створів, в яких від лівого берега до правого через кожні 100 м (1 см в масштабі карти) намічають крапки, в кожній з яких треба зняти дві відмітки (в метрах) – абсолютну (по горизонталям) і відносну (глибину, прийнявши межу затоплення за уріз води). Складають розрахункову таблицю, в якій для кожної наміченої точки створу фіксують її №, відстань від постійного початку (урізу лівого берега), абсолютну відмітку дна, глибину в даній точці, розраховують морфометричні характеристики.

Для побудови профілю водного перерізу беруть аркуш міліметрівки формату А<sub>4</sub>, по осі абсцис відкладають відстані від постійного початку до промірних точок (або відстані між точками), по осі ординат – відмітки дна (або глибини). Масштаб для побудови підбирають, виходячи з ширини русла (відстані від берега до берега) та глибини в створі. Частіше беруть горизонтальний масштаб в 1 см – 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 м, по вертикалі в 1 см – 0,5, 1, 2, 5, 10 м. По знятим з карти даним відкладають точки, які з'єднують ламаною лінією і отримують поверхню дна. По абсолютним відміткам наносять робочий рівень води, над яким виписують його значення, дату.

Під профілем роблять розграфку, на якій у відповідні рядки виносять зняті з карти дані - № крапок, відстані від постійного початку, глибину, відмітки дна, ґрунт. Зліва роблять колонку для обчислення морфометричних характеристик профілю. Кожний профіль будується на окремому аркуші, всі написи та побудова робляться чітко і охайно звичайним олівцем. Кожний профіль треба відповідно підписати. Отримані таблиці та профілі поміщують в додаток Б курсового проекту, посилаючись на них у тексті. Приклад вигляду профілю поперечного перерізу – на рис. 2.1, оформлення робочої таблиці по складанню перерізу русла – в табл. А.1 в додатку.

### 2.2 Обчислення морфометричних параметрів руслового перерізу

Для профілів обчислюють такі морфометричні характеристики:

- робочий рівень води ( $H$ , м);
- площа водного перетину  $\omega$  (м<sup>2</sup>);
- ширина річки  $B$  (м);

- довжина змоченого периметру  $X$  (м);
- максимальна глибина  $h_{max}$  (м);
- середня глибина  $h_{сер}$  (м);
- гідравлічний радіус  $R$  (м);
- параметр Глушкова  $\Gamma$  (м<sup>-1</sup>).

Вказані характеристики використовуються при обчисленні витрат води, побудови залежності  $Q=f(H)$ ,  $w=f(H)$  та допомагають робити важливі гідроморфологічні узагальнення. Вони дають уявлення про пропускну здатність русла та ступінь його стійкості до розмиву. Дуже важливо правильно та ретельно обчислити ці характеристики, бо вони часто використовуються в багатьох математичних моделях оцінки та прогнозу гідроекологічного стану водних об'єктів.

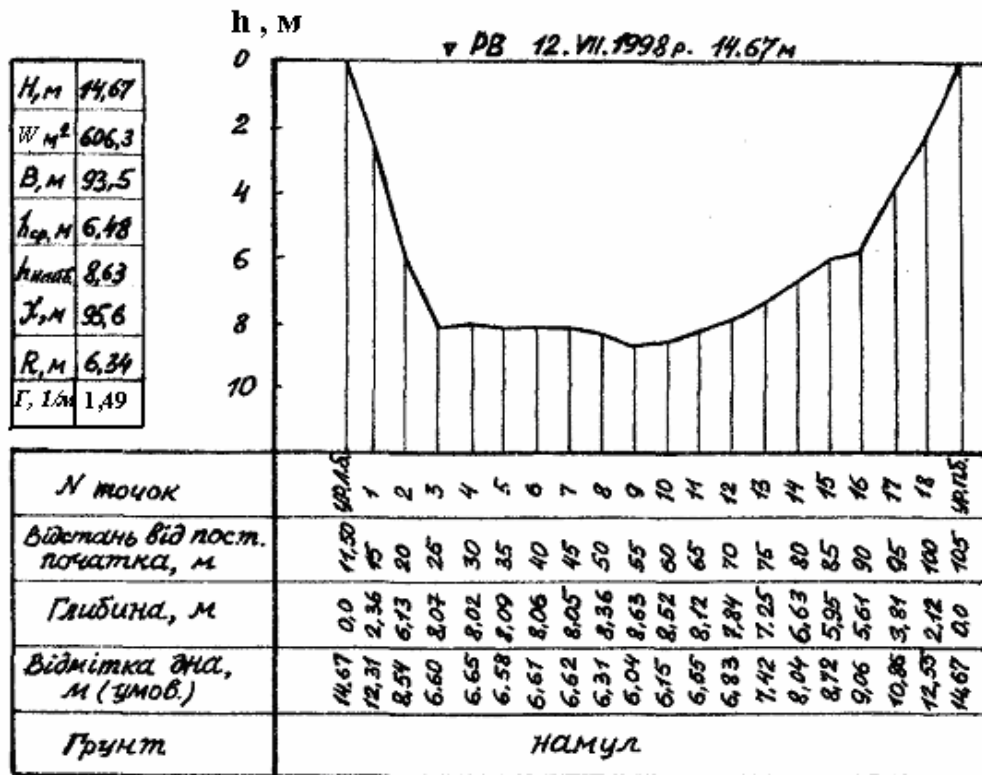


Рис. 2.1 – Профіль поперечного перерізу річки

Водний переріз русла річки – це простір, обмежений знизу дном річки, з боків – берегами, зверху – поточним рівнем води.

Площу водного перерізу  $\omega$  можна обчислити графічно або аналітично. Другим способом частіше користуються на практиці. Приймають, що промірні вертикалі розбивають водний переріз на ряд трапецій (біля берегів – прямокутні трикутники), площа яких може бути математично виражена через глибини ( $h_i$ ) та відстані між промірними точками ( $b_i$ ).

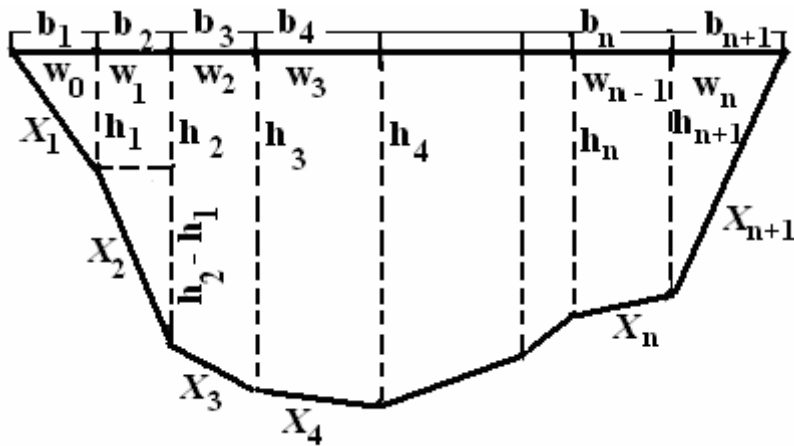


Рис. 2.2 – Схема обчислення площі водного перерізу та довжини змоченого периметра

Аналітично (рис. 2.2) площа водного перерізу обчислюється як сума часткових площ фігур, на які розбито водний переріз (рис. 4). Якщо на річці є лід, то обчислюють в межах загальної площі водного перерізу окремо взяті площі зануреного у воду льоду та вільну площу перерізу. Крім того, при розрахунках витрат води окремо рахують так звані площі «мертвого перерізу» та площі «живого перерізу». Перший термін позначає частину перерізу, де відсутня течія води або вона надто мала, другий термін характеризує площу, в якій є активна течія та можна робити обчислення витрат води. Площі часткових фігур обчислюють за формулами:

$$\omega = \sum \omega_i, \quad (2.1)$$

$$\omega_1 = \frac{1}{2} b_1 h_1, \quad (2.2)$$

$$\omega_i = \frac{(h_i + h_{i+1}) b_{i+1}}{2}. \quad (2.3)$$

Перша формула – визначення загальної площі водного перерізу, друга (для  $\omega_1$ ) дозволяє обчислити площу перерізу в прибережних відсіках, третя (для  $\omega_i$ ) застосовується при обчисленні площ внутрішніх відсіків.

Ширина річки  $B$  знаходяться як різниця урізів лівого та правого берегів. Із збільшенням висоти рівня змінюється і ширина річки  $B$ . Маючи значення ширини річки при різних висотах рівня, неважко буде побудувати криву зв'язку  $B=f(H)$ . При стійкому руслі криві  $w=f(H)$ ,  $B=f(H)$  дозволяють визначити ширину та площу водного перерізу річки при будь

якій висоті рівня. При різних горизонтах води ширина річки буде різною.

Змочений периметр  $\chi$  – довжина лінії дна на профілі, що знаходиться між урізами води. Виходячи з наведеної вище схематизації водного перетину відсіками різної форми можна отримати розрахункові формули по обчисленню змоченого периметр:

$$\chi = \sum \chi_i , \quad (2.4)$$

$$\chi_1 = \sqrt{b_1^2 + h_1^2} , \quad (2.5)$$

$$\chi_i = \sqrt{b_{i+1}^2 + (h_{i+1} - h_i)^2} \quad (2.6)$$

Перша формула – визначення загальної довжини змоченого периметра, друга (для  $\chi_1$ ) дозволяє обчислити довжину змоченого периметра в прибережних відсіках, третя (для  $\chi_i$ ) застосовується при обчисленні змоченого периметра у внутрішніх відсіках

Максимальна глибина  $h_{max}$  на профілі перерізу отримується графічно.

Середня глибина  $h_{сер}$  – добуток від ділення загальної площі водного перерізу на ширину русла в створі:

$$h_{сер} = \frac{w}{B} \quad (2.7)$$

Гідравлічний радіус  $R$  – добуток від ділення загальної площі водного перерізу на загальну довжину змоченого периметра:

$$R = \frac{w}{\chi} \quad (2.8)$$

Фактично, гідравлічний радіус показує, яка доля площі поперечного перерізу припадає на одиницю довжини змоченого периметра. Зважаючи на те, що в річкових руслах ширина набагато перевищує глибину, то різниця між змоченим периметром та шириною русла мала. Тому отримане значення гідравлічного радіуса та середньої глибини майже співпадають.

Параметр Глушкова  $\Gamma$  – представляє собою характеристику взаємодії між руслом, яке розмивається, і потоком води крізь нього:

$$\Gamma = \frac{\sqrt{B}}{h_{сер}} . \quad (2.9)$$

## **3 ПАРАМЕТРИ ЯКОСТІ ВОДИ ВОДОСХОВИЩА ТА ЇХ ВИЗНАЧЕННЯ**

### **3.1 Основні риси гідрохімічного режиму водосховищ**

Водосховища – штучні водойми з слабою проточністю та великим об'ємом води. Преважна більшість водосховищ має комплексне значення та багатоцільове використання. Це ускладнює проведення оцінки якості води в них, адже вимоги у різних водо споживачів різні. Технічна схема реалізації водосховища може бути різною, класичний підхід – русло річки перегороджується греблею певної висоти, яка затримує воду та створює підпір (піднімає рівень води в річці) певної висоти.

Хімічний склад води в водосховищі формується під впливом природних і антропогенних чинників, змінюється в період функціонування водосховища та значною мірою визначає стратегію його використання. Через комплексність використання водосховища хімічному складу води в ньому приділяється велика увага, бо ігнорування цієї обставини при спорудженні та експлуатації водойми приводить до погіршення якості води та неможливості подальшого використання водоймища. Гідрохімічний режим водосховища значною мірою залежить від антропогенного фактора. Головна відмінність водосховища від природної водойми – нетипова структура глибин (глибини зростають від верхів'я до греблі), витягнута форма, можливість керування водним і гідрохімічним режимом шляхом регуляції стоку.

Якість води у водосховищі залежить від ряду зовнішніх факторів (гідрохімічний режим річки, яка наповнює водосховище; стічних вод та вод місцевого стоку, підземні води, водообмін). Також важливим є внутрішній фактор (вітрова динаміка водних мас, течії, процеси седиментації зважених у воді речовин на донні відкладення, біологічні процеси самоочищення води).

На початковому етапі після заповнення водосховища гідрохімічний режим в ньому приходить до стану рівноваги через певний час (звичайно, декілька років). На початку «життя» у водосховищі бурно йдуть процеси розкладання органічної речовини, рослинних залишків із затоплених ґрунтів, переформування берегів та зміни в складі донних відкладень. У воді підвищується вміст органічної речовини, знижується прозорість та вмісту кисню. Влітку йде «цвітіння» води та заморні явища. Щоб уникнути цих проблем, перед заповненням водосховища проводять підготовку (чистку) дна. Описані негативні явища більш притаманні великим водосховищам з малим показником водообміну. В малих водосховищах з добрим річковим притоком та достатнім водообміном вказані негативні процеси практично не виражені.

### **3.2 Основні вимоги до якості води водосховища при його комплексному використанні**

Якість води – характеристика складу та властивостей води, яка визначає її придатність до конкретних видів водокористування. У різних водокористувачів свої вимоги до якості води. Так, при питному водопостачанні в першу чергу повинні бути враховані органолептичні та санітарні характеристики якості води, які обумовлені її хімічним та біологічним складом. Мінералізація, температура, кисневий режим води важливі для рибного господарства. Використання води з підвищеним вмістом розчинених речовин неприпустиме для зрошення. Тому якість води не може бути чітко встановлена для всіх водокористувачів одразу, а потребує окремого врахування щодо відповідності її характеристик певним вимогам, які до неї мають конкретні водоспоживачі. На практиці звичайно використовують нормування якості води для різних водокористувачів.

Вміст конкретних речовин нормується у вигляді величин гранично допустимих концентрацій (ГДК) по різним видам водокористування. При цьому діє правило, що вміст речовини в водному об'єкті не має перевищувати її ГДК. Одна речовина може мати різні ГДК в залежності від виду водокористування, тому при комплексному використанні водосховища виходять з рибогосподарських нормативів якості як найбільш жорстких. Крім того, для узагальнення даних щодо якості води обчислюють класи її якості за допомогою спеціальних методик. В них якість води визначають не лише на основі певної сукупності гідрохімічних показників, а враховують ефект спільної дії забруднювачів.

Вимоги до якості води для окремих водоспоживачів наводяться у серії стандартів (ДСТУ, ДСанПіН, ГОСТ, РД). Більш детальна інформація з цього приводу міститься в [9].

### **3.3 Розрахункова методика прогнозу змін гідрохімічного режиму водосховища**

Зважаючи на те, що хімічний склад води водосховища може змінюватись, важливе значення для водокористувачів має завчасне попередження про можливі зміни хімічного складу води водосховищ. Для передбачень можливих негативних змін хімічного складу води водосховищ виконуються стандартні інженерно-гідрохімічні розрахунки шляхом проведення натурних гідрохімічних досліджень об'єктів водогосподарського комплексу, включаючи і саме водосховище, та прогнозування гідрохімічних параметрів. В практиці гідроекологічних розрахунків існує кілька розрахункових прогностичних моделей, в даному випадку використовується найбільш проста з них [9].

Довгостроковий прогноз хімічного складу води водосховища складається для його найменшого експлуатаційного рівня за розрахунковий період (рік, сезон, місяць). Для руслового водосховища з коефіцієнтом більшим за одиницю для прогностичних розрахунків приймається, що вода річки поступово витісняє воду водосховища через його греблю і повністю змішується тільки з водою бокової припливності. Тривалість періоду добігання визначається часом, необхідним для заповнення водою всього водосховища. При цьому враховується об'єм всіх інших видів припливу, що змішується з річковою водою. Орієнтовно період добігання (у секундах) розраховується за формулою:

$$\tau = \frac{V}{Q_{вит}}, \quad (3.1)$$

де  $V$  – об'єм води у водосховищі за розрахунковий період, м<sup>3</sup>;  
 $Q_{вит}$  – середня витрата води, що витікає з водосховища за розрахунковий період, м<sup>3</sup>/д.

Для подальших розрахунків період добігання виражають не у секундах, а у добах (поділити на 86400).

Початок періоду добігання незалежно від кінця періоду вибирають так, щоб час його закінчення збігався з початком розрахункового періоду.

Розрахунок середньозваженої концентрації певного хімічного показника у воді, яка добігає до нижнього б'єфа водосховища, виконується за наступною формулою:

$$C_{сер.ст.} = \frac{C_p V_p + \sum C_{npi} V_{npi} - C_{л.у.} V_{л.у.} (+ C_{л.т.} V_{л.т.})}{V_p + \sum V_{npi} - V_{л.у.} (+ V_{л.т.})} \quad (3.2)$$

Середню концентрацію консервативної речовини для води, що буде надходити з водосховища в нижній б'єф, за взятий для прогнозу період знаходять за формулою:

$$C_k = \frac{100 C_{сер.ст.}}{100 - \eta} \quad (3.3)$$

У формулах 3.1-3.3 використані такі позначення:

$C_p$  – середня мінералізація води, або середня концентрація речовини в річковій воді, що відповідає витраті  $Q_p$ ;



$V_p$  – об’єм стоку річки за розрахунковий період із середньою витратою  $Q_p$ ;

$C_{pri}$  – середня концентрація розглядуваного інгредієнта у воді  $i$ -ї притоки за розрахунковий період;

$V_{pri}$  – об’єм стоку  $i$ -ї притоки за розрахунковий період;

$C_{л.у.}, C_{л.т.}$  – концентрація інгредієнта в льоду;

$V_{л.у.}, V_{л.т.}$  – об’єм води, що пішов на утворення і танення льоду;

$\eta$  – витрата води на випаровування за час добігання  $\tau^*$ , %.

Для неконсервативних речовин необхідно вводити поправку на коефіцієнт швидкості самоочищення, тому й кінцевий результат у цьому випадку отримують за формулою:

$$C'_K = C_K e^{-k\tau} \quad , \quad (3.4)$$

де  $k$  – коефіцієнт швидкості самоочищення води водосховища від забруднювальної речовини,  $\text{дiб}^{-1}$ , який береться з табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Орієнтовні значення коефіцієнтів швидкості самоочищення річкової води від деяких забруднювальних речовин  $k$ , ( $\text{дiб}^{-1}$ )

Речовини і показники хімічного складу води	Температура води, °C		
	>15	10-15	<10
Іон амонію ( $NH_4$ )	2,7	1,8	0,9
Мідь	1,8	1,2	0,6
Феноли	0,6	0,4	0,2
Нафтопродукти	0,3	0,2	0,02
Залізо	0,3	0,2	0,1

### 3.4 Застосування розрахункової схеми до прогнозу якості води

В додатку у табл. А.2 розміщені варіанти початкових даних. Вони являють собою обчислені середньомісячні концентрації певних показників якості води (кальцію, магнію, сульфатів, хлоридів, мінералізації, амонію, заліза, нафтопродуктів) у воді річки, яка впадає у водосховище. Тобто, даються гідрохімічні параметри якості води у вході до водосховища. Також даються середньомісячні температури води у водоймі  $t$ , середньомісячні витрати води.

За початковими даними треба розрахувати вихідні гідрохімічні параметри якості води (тобто, за формулами 3.1–3.4 порахувати середньомісячні концентрації відповідних хімічних речовин, які витікають з водою через греблю водосховища).

На основі вхідних даних складають та починають заповнювати розрахункову таблицю (по формі табл. А.3 у додатку).

В цій таблиці:  $\overline{Q_p}$  – середньомісячні витрати води річки;  $\overline{Q_{вит}}$  – витрата води (середньомісячна), що витікає через нижній б'єф водосховища, яку треба вирахувати за відповідним значенням  $\overline{Q_p}$  з врахуванням того, що втрати води на випаровування, інфільтрацію, водозабір  $\eta$  постійно становлять 20%, тобто  $\overline{Q_{вит}} = 0,8\overline{Q_p}$ ;  $V$  – розрахований об'єм водосховища за максимальної відмітки наповнення ( $m^3$ ), який попередньо визначений в п. 1.2 та береться сталим на протязі року;  $\tau$  – період добігання води до греблі, вираховується за формулою 3.1, діб;  $t$  – місячні температури води;  $C_{сер.см}$  – задана середньомісячна концентрація речовини у воді річки;  $C_k$  – середні за місяць концентрації речовини, яка буде на виході з водосховища через греблю, вони вираховуються за формулою 3.3 (якщо речовина неконсервативна, то додатково застосовують формулу 3.4).

Після заповнення таблиці треба дослідити отримані та задані концентрації на їх відповідність ГДК досліджуваних речовин для різних видів водокористування (питне, рибогосподарське, зрошувальне), які вміщено в табл. 3.2. Для цього на міліметровці формату А4 будують суміщені графіки ходу середньомісячних концентрацій відповідних іонів на вході і виході з водосховища, різними кольорами відкладають відповідні значення ГДК. Отримані 8 графіків та розрахункову таблицю поміщують в додаток В курсового проекту, посилаючись на них у тексті. Далі слід проаналізувати, чи відповідає нормативам вода на вході і виході з водосховища, якщо не відповідає – по яких речовинах відмічене перевищення ГДК, яка кратність перевищень, в які місяці це спостерігається, як водосховище впливає на якість води в річці – збільшує або зменшує концентрацію окремих речовин.

Таблиця 3.2 – Величини гранично допустимих концентрацій ( $mg/dm^3$ )

Речовина	Вид водокористування		
	Господарсько-питне	Рибне господарство	Зрошення
$[Ca^{2+}]$	75 (норми ВОЗ)	180	200
$[Mg^{2+}]$	50	40	50
$[SO_4^{2-}]$	250	100	500
$[Cl]$	250	300	400
$[\sum_m]$	1000	1000	1500
$[NH_4]$	0,5	0,39	2
$[Fe_{заг}]$	0,2	0,1	10
Нафтопродукти	0,1	0,05	0,3

## **4 ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ ЗА ГІДРОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ**

### **4.1 Загальна оцінка впливу спорудження водосховища на довкілля**

Гідротехнічне будівництво спричиняє позитивні і негативні наслідки. Основні фактори, які впливають на водні об'єкти при гідротехнічному будівництві, є водний режим, гідродинамічні та морфометричні характеристики, термічний режим, а також об'єм та вміст різних речовин, що надходять з водами, які охолоджують теплові та атомні енергооб'єкти. Вони діють на абіотичні параметри та біоту водних екосистем, спричиняючи гідрофізичні, гідрохімічні та гідробіологічні зміни, дуже впливаючи на процеси, що визначають якість води та біопродуктивність.

Наслідки впливу запроектованого водосховища на екосистему річки можна поділити на такі групи [3]:

1. морфометричні параметри (зміна обрисів і протяжності берегової лінії; перерозподіл глибин; зміна площі водного дзеркала);

2. гідрофізичні параметри (зміна водності; перерозподіл водного стоку в часі та просторі; зміна швидкості течії; зміна гідродинамічного режиму по вертикалі та площі акваторії; зміна водообміну; зміна термічного режиму);

3. гідрохімічні параметри (зміна загальної мінералізації та іонного вмісту; зміна газового (кисневого) режиму; збільшення вмісту органічних та біогенних речовин; зменшення вмісту таких біогенних речовин, як фосфор та залізо, за рахунок седиментації);

4. токсико-екологічні та радіоекологічні параметри (збільшення вмісту важких металів, пестицидів, радіонуклідів; зміна режиму трансформації та міграції токсикантів в екосистемах; збільшення індексів біотестів);

5. гідробіологічні та біопродуктивні параметри (зміна складу флори та фауни гідробіонтів; зникнення рідкісних та цікавих видів; зменшення кількості (майже до повного зникнення) важливих господарських видів; розвиток шкідливих видів, які викликають біологічні проблеми, захворювання промислових тварин та людини; зміна складу гідробіоценозів; деградація суспільств гідробіонтів; зменшення біопродуктивності; погіршення рибогосподарського використання водойм, умов нересту цінних видів риб, їх кормової бази, складу промислових стад; збільшення біологічного забруднення; поява «цвітіння» води, обростання схилів каналів, заростання та заболочування водоймищ та водотоків; погіршення умов деструкції органічної речовини та самоочищення; порушення балансу продукційно-деструкційних процесів);

6. параметри якості води (зміна загальної мінералізації та іонного вмісту; зниження вмісту розчиненого кисню; збільшення мутності, концентрації завислих речовин; збільшення  $pH$ ; збільшення концентрації органічної речовини; поява багатої біомаси фітопланктону («цвітіння» води); погіршення бактеріологічних показників загальної чисельності сапрофітних бактерій, бактерій групи кишкової палички; наявність фенолів, що утворюються при розкладанні фітогенного чи органічного матеріалу; збільшення гідробіологічних індексів; збільшення кольоровості води; поява токсинів синьо-зелених водоростей).

Характер та ступінь впливу гідротехнічного будівництва на різних водних об'єктах неоднакові. Штучне регулювання русла річок впливає на їх водний режим як вище, так і нижче греблі; змінюється об'єм стоку, його розподіл в часі, швидкість течії, розподіл потоку за поперечним та поздовжнім профілем водного об'єкта. Ці зміни гідрофізичних та морфометричних факторів дуже впливають на структурно-функціональні характеристики суспільств гідробіонтів, процеси біологічного самоочищення та забруднення, що призводить до зміни показників якості води, біопродуктивності, а, виходячи з цього, і умов господарського використання річок

#### 4.2 Оцінка за величиною індексу забруднення води (ІЗВ)

Це одна з найпростіших методик комплексної оцінки якості води. Розрахунок «класичного ІЗВ» [9] проводиться за рибогосподарськими нормативами за шістьма гідрохімічними показниками (азот амонійний, азот нітритний, нафтопродукти, феноли, розчинений кисень, БСК<sub>5</sub>). Також за рекомендаціями [10] розраховується «модифікований ІЗВ» за максимальною кількістю доступних нормованих гідрохімічних показників (для господарсько-питних або рибогосподарських потреб). Розрахунок проводиться за рівнянням:

$$ІЗВ = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК_i}, \quad (4.1)$$

де  $C_i$  і  $ГДК_i$  – відповідно, фактична концентрація і значення ГДК нормованих компонентів;  $n$  – число показників, що використовуються для розрахунку ІЗВ.

Встановлюється вимога, що для розчиненого кисню потрібно ділити його ГДК на концентрацію. Також варто врахувати, що ГДК для розчиненого кисню і показника БСК<sub>5</sub> є несталими (табл. 4.1, 4.2).

За величинами розрахованих ІЗВ виконується оцінка якості води. При цьому виділяють сім класів якості води (табл. 4.3).

Таблиця 4.1 – Нормативний вміст БСК<sub>5</sub>

БСК (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	Норматив
≤3	3
3-15	2
≥15	1

Таблиця 4.2 – Нормативний вміст розчиненого кисню

Розчинений кисню (мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> )	ГДК, мг/дм <sup>3</sup>
≥6	6
5-6	12
4-5	20
3-4	30
2-3	40
1-2	50
0-1	60

Таблиця 4.3 – Класи якості води за показником ІЗВ

Значення ІЗВ	Класи якості води	Рівень забруднення води
≤0,2	I	«дуже чиста»
0,21-1,09	II	«чиста»
1,1-2,09	III	«помірно забруднена»
2,1 – 4,09	IV	«забруднена»
4,1 – 6,09	V	«брудна»
6,1 – 9,99	VI	«дуже брудна»
>10,0	VII	«надзвичайно брудна»

Аналіз отриманих даних: I клас – це води, на які найменше впливає антропогенне навантаження, їх гідро екологічні показники близькі до природних значень для даного регіону; II клас – це води з певними змінами щодо природного стану, однак зміни поки що не порушили екологічної рівноваги; III клас – води зі значним антропогенним впливом, рівень якого близький до межі стійкості екосистем; води вищих класів – це води з порушеними екологічними параметрами, їх екологічний стан оцінюється як «екологічний регрес».

В курсовому проекті треба оцінити якість води за «класичним ІЗВ» і «модифікованим ІЗВ» за рибогосподарськими нормативами. При цьому використати нормативні ГДК (табл. А.4 додатку) і вхідні гідрохімічні дані (табл. А.5 додатку). Отримані таблиці поміщують в додаток Г роботи, посилаючись на них у тексті, аналізують отримані дані.

### 4.3 Оцінка за комбінаторним індексом забруднення (КІЗ)

Даний метод дозволяє класифікувати якість води за повторюваністю і кратністю забруднення окремими гідрохімічними показниками, виділити пріоритетні забруднювальні речовини.

Метод КІЗ передбачає здійснення оцінки комплексності забруднення води в створі за допомогою умовного коефіцієнта комплексності, вираженого відношенням числа забруднювальних речовин, вміст яких перевищує функціонуючі в країні нормативи, до загального числа інгредієнтів, визначених програмою дослідження

$$K = 100 \cdot \frac{n''}{n}, \quad (4.2)$$

де  $K$  – умовний коефіцієнт комплексності забруднення, %;

$n''$  – число інгредієнтів і показників якості води, склад яких перевищує встановлені ГДК;

$n$  – загальне число нормованих інгредієнтів і показників якості води.

Використання методу КІЗ з метою встановлення рівня якості води водних об'єктів передбачає проведення триступеневої класифікації:

за ознаками повторюваності випадків забруднення;

за кратністю перевищення нормативів ГДК;

за характером забрудненості води окремими хімічними речовинами.

Класифікація за ознаками повторюваності випадків забруднення полягає у встановленні міри стійкості забрудненості за показником повторюваності випадків перевищення ГДК за певними гідрохімічними інгредієнтами

$$H_i = 100 \cdot \frac{N_{ГДК_i}}{N_i}, \quad (4.3)$$

де  $H_i$  – повторюваність випадків перевищення ГДК по  $i$ -му інгредієнту, %;

$N_{ГДК_i}$  – число випадків, коли вміст  $i$ -го інгредієнта перевищує його ГДК;

$N_i$  – загальне число результатів аналізу по  $i$ -му інгредієнту.

При аналізі забрудненості вод за ознаками повторюваності виділяються як якісно помітні такі характеристики забрудненості: «одинична» (до 10% випадків), «нестійка» (10-30% випадків), «стійка» (30-50% випадків), «характерна» (50-100% випадків). Якісним виразом

виділених характеристик забрудненості води присвоюються кількісні показники (a, b, c, d) в балах від 1 до 4.

Класифікація за кратністю перевищення нормативів ГДК передбачає встановлення рівня забрудненості за показником кратності перевищення ГДК

$$K_i = \frac{C_i}{C_{ГДК}}, \quad (4.4)$$

де  $K_i$  – кратність перевищення ГДК по  $i$ -му інгредієнту;

$C_i$  – концентрація  $i$ -го інгредієнта у воді водного об'єкта, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_{ГДК}$  – гранично допустима концентрація  $i$ -го інгредієнта, мг/дм<sup>3</sup>.

При аналізі загального ступеня забрудненості вод за показником кратності перевищення ГДК за рівнем забрудненості окремими речовинами виділяються як якісно помітні такі характеристики забрудненості: «низька» (до 2 ГДК), «середня» (2-10 ГДК), «висока» (10-50 ГДК), «дуже висока» (>50 ГДК). Якісним виразам виділених характеристик забрудненості води присвоюються кількісні показники ( $a_1, b_1, c_1, d_1$ ) в балах від 1 до 4.

При поєднанні першого та другого ступенів класифікації води по кожному з гідрохімічних інгредієнтів визначаються узагальнені оцінні бали ( $S_i$ ), одержані як добуток оцінок (a, b, c, d) та ( $a_1, b_1, c_1, d_1$ ) за окремими характеристиками. Значення  $S_i$  може становити від 1 до 16 – чим більша величина  $S_i$ , тим гірша якість води по окремому інгредієнту (табл. 4.4).

Класифікація за характером забрудненості води окремими хімічними речовинами полягає в узагальненні даних по окремих гідрохімічних показниках. Для цього обчислюється показник КІЗ (комбінаторний індекс забрудненості) шляхом додавання всіх узагальнених оцінних балів ( $S_i$ ) по окремих гідрохімічних показниках. При цьому ті гідрохімічні показники, для яких узагальнений оцінний бал  $S_i \geq 11$  вважаються лімітуючими ознаками забруднення (ЛОЗ), тобто вони виступають найбільшими забруднювальними речовинами і погіршують якість води до категорії «неприпустимо брудна».

Надалі розраховується показник осередненої забрудненості – питомий комбінаторний індекс забруднення (ПКІЗ). За цим показником встановлюється клас і розряд якості води («слабко забруднена», «забруднена», «брудна», «дуже брудна») та здійснюється висновок щодо придатності води для певного виду водокористування (табл. 4.5, 4.6).

В курсовому проекті потрібно здійснити оцінку якості води за методом КІЗ за рибогосподарськими нормативами. При цьому використати нормативні ГДК (табл. А.4 додатку) і вхідні гідрохімічні дані (табл. А.5 додатку). Отримані результати поміщують в додаток Г роботи, посилаючись на них у тексті, аналізуючи отримані дані.

Таблиця 4.4 – Оцінки забрудненості води окремими показниками

№ п/п	Комплексна характеристика стану забрудненості води водотоку	Загальні оцінні бали $S_i$		Характеристика якості води водотоку
		Виражені умовно	Абсолютні значення	
1	Одинична забрудненість низького рівня	$a \times a_1$	1	Слабо забруднена
2	Одинична забрудненість середнього рівня	$a \times b_1$	2	Забруднена
3	Одинична забрудненість високого рівня	$a \times c_1$	3	Брудна
4	Одинична забрудненість дуже високого рівня	$a \times d_1$	4	Брудна
5	Нестійка забрудненість низького рівня	$b \times a_1$	2	Забруднена
6	Нестійка забрудненість середнього рівня	$b \times b_1$	4	Брудна
7	Нестійка забрудненість високого рівня	$b \times c_1$	6	Дуже брудна
8	Нестійка забрудненість дуже високого рівня	$b \times d_1$	8	Дуже брудна
9	Стійка забрудненість низького рівня	$c \times a_1$	3	Брудна
10	Стійка забрудненість середнього рівня	$c \times b_1$	6	Дуже брудна
11	Стійка забрудненість високого рівня	$c \times c_1$	9	Дуже брудна
12	Стійка забрудненість дуже високого рівня	$c \times d_1$	12	Неприпустимо брудна
13	Характерна забрудненість низького рівня	$d \times a_1$	4	Брудна
14	Характерна забрудненість середнього рівня	$d \times b_1$	8	Дуже брудна
15	Характерна забрудненість високого рівня	$d \times c_1$	12	Неприпустимо брудна
16	Характерна забрудненість дуже високого рівня	$d \times d_1$	16	Неприпустимо брудна



Таблиця 4.5 – Класифікація якості води водостоків за величиною КІЗ

Клас якості вод	Розряд класу якості вод	Характеристика стану забрудненості води	Величина комбінаторного індексу забрудненості (КІЗ)					
			без врахування ЛОЗ	З врахуванням ЛОЗ				
				1 ЛОЗ	2 ЛОЗ	3 ЛОЗ	4 ЛОЗ	5 ЛОЗ
I	—	слабко забруднена	[0;1n]	[0; 0,9n]	[0; 0,8n]	[0;0,7n]	[0;0,6 n]	[0;0,5n]
II	—	забруднена	(1n; 2n]	(0,9n; 1,8n]	(0,8n; 1,6n]	(0,7n; 1,4n]	(0,6n;1,2n]	(0,5n; 1,0n]
III	розряд а)	брудна	(2n; 3n]	(1,8n; 2,7n]	(1,6n; 2,4n]	(1,4n; 2,1n]	(1,2n;1,8n]	(1,0n; 1,5n]
III	розряд б)	брудна	(3n; 4n]	(2,7n; 3,6n]	(2,4n; 3,2n]	(2,1n; 2,8n]	(1,8n;2,4n]	(1,5n; 2,0n]
IV	розряд а)	дуже брудна	(4n; 6n]	(3,6n; 5,4n]	(3,2n; 4,8n]	(2,8n; 4,2n]	(2,4n;3,6n]	(2,0n; 3,0n]
IV	розряд б)	дуже брудна	(6n ; 8n]	(5,4n; 7,2n]	(4,8n; 6,4n]	(4,2n; 5,6n]	(3,6n;4,8n]	(3,0n; 4,0n]
IV	розряд в)	дуже брудна	(8n; 10n]	(7,2n; 9,0n]	(6,4n; 8,0n]	(5,6n; 7,0n]	(4,8n;6,0n]	(4,0n; 5,0n]
IV	розряд г)	Дуже брудна	(10n; 11n]	(9,0n; 9,9n]	(8,0n; 8,8n]	(7,0n; 7,7n]	(6,0n;6,6n]	(5,0n; 5,5n]

Таблиця 4.6 – Вплив забруднення на можливість використання води водотоків

Стан води водотоків	Види водокористування					
	господарсько-питне	рекреація	побутове	рибне господарство	промисловість	зрошення
Слабко забруднена	Придатна з очисткою	Використовується	Придатна	Придатна для деяких видів риб	Придатна для всіх видів	Придатна
Забруднена	Не придатна	Не придатна	Не придатна	Непридатна	Усладнено	Придатна з обмеженнями
Брудна	Не придатна	Взагалі непридатна	Не придатна	Непридатна	Можливо для спеціальних цілей після очистки	Ускладнено
Дуже брудна	Не придатна	Не використовується	Взагалі неможливо	Неможливо	Можливо в окремих випадках	Можливо в окремих випадках

#### 4.4 Оцінка за методикою НДІ гігієни ім. Ф.Ф. Ерисмана

Вказана методика передбачає оцінку якості води за різними критеріями шкідливості: санітарного режиму ( $W_c$ ); органолептичних властивостей ( $W_{орг}$ ); санітарно-токсикологічного забруднення ( $W_{СТ}$ ); епідеміологічний ( $W_e$ ).

Комплексна оцінка обчислюється окремо для кожного критерію (ЛОШ)  $W_c$ ,  $W_{орг}$ ,  $W_{СТ}$  і  $W_e$  за формулою:

$$W = 1 + \frac{\sum_{i=1}^n (\sigma_i - 1)}{n}, \quad (4.5)$$

$$\sigma_i = \frac{C_i}{ГДК_i}, \quad (4.6)$$

де  $W$  – комплексна оцінка рівня забруднення води за даною ЛОШ;  $n$  – кількість показників, що використані в розрахунку;  $ГДК_i$  – нормативне значення одиничного показника;  $C_i$  - концентрація речовини.

Якщо  $\sigma_i < 1$ , тобто концентрація менша за нормативну, то приймається, що  $\sigma_i = 1$ . Остаточний висновок щодо якості води робиться по таблиці комплексних оцінок  $W$  (табл. 4.7).

Таблиця 4.7 – Рівні забруднення води за різними критеріями

Рівень забруднення	Критерій забруднення			
	Органо-лептичний ( $W_{орг}$ )	Санітарний режим ( $W_c$ )	Санітарно-токсикологічний ( $W_{СТ}$ )	Епідеміологічний ( $W_e$ )
Допустимий	1	1	1	1
Помірний	1,0-1,5	1,0-3,0	1,0-3,0	1,0-10,0
Високий	1,5-2,0	3,0-6,0	3,0-10,0	10,0-100,0
Дуже високий	>2,0	>6,0	>10,0	>100,0

В курсовому проекті треба оцінити якість води по даній методиці за господарсько – питними нормативами. При цьому використати нормативні ГДК (табл. А.4 додатку) і вхідні гідрохімічні дані (табл. А.5 додатку). Отримані результати треба помістити в додаток Г роботи, посилаючись на них у тексті, зробити аналіз отриманих даних.

#### 4.5 Екологічна оцінка якості води за відповідними категоріями

Дана методика дозволяє здійснити екологічну оцінку якості води – одержати інформацію про воду як складову водної екосистеми, життєве середовище гідробіонтів і важливу частину природного середовища людини. Характеристика якості поверхневих вод дається на основі екологічної класифікації якості поверхневих вод суші та естуаріїв України. Класифікація включає широкий набір показників, які відображають особливості абіотичної і біотичної складових водних екосистем.

Застосування методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями дає змогу оцінити тенденції зміни якості поверхневих вод суші та естуаріїв України в часі і просторі, визначити вплив антропогенного навантаження на екосистеми водних об'єктів, оцінити зміни стану водних ресурсів, вирішити економічні і соціальні питання, пов'язані із забезпеченням охорони довкілля, планувати і здійснювати водоохоронні заходи та оцінювати їх ефективність.

Згідно методики, встановлено п'ять класів і сім категорій якості вод.

Процедура виконання екологічної оцінки складається з таких етапів:

етап групування і обробки вихідних даних в межах трьох блоків (блоку сольового складу, блоку трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників, блоку показників вмісту і біологічної дії специфічних речовин);

етап визначення класів і категорій якості води за окремими показниками (середні і найгірші значення кожного показника зіставляються з відповідними критеріями якості води, визначаються категорії якості води за окремими показниками);

етап узагальнення оцінок якості води за окремими показниками (вираженими в класах і категоріях) по окремих блоках з визначенням інтегральних значень класів і категорій якості води;

етап визначення об'єднаної оцінки якості води (з визначенням класів і категорій) для водного об'єкта за певний період спостережень.

Методика екологічної оцінки якості води передбачає розрахунок в межах трьох блоків середніх і найгірших значень для трьох блокових індексів якості води, а саме: для індексу компонентів сольового складу ( $I_{1\text{сер}}$ ,  $I_{1\text{макс}}$ ), для трофо-сапробіологічного індексу ( $I_{2\text{сер}}$ ,  $I_{2\text{макс}}$ ), для індексу показників токсичної і радіаційної дії ( $I_{3\text{сер}}$ ,  $I_{3\text{макс}}$ ). На заключному етапі здійснюється обчислення інтегрального (екологічного) індексу ( $I_e$ ) за формулою

$$I_e = \frac{(I_1 + I_2 + I_3)}{3}, \quad (4.7)$$

де  $I_l$  – індекс забруднення компонентами сольового складу;

$I_2$  – індекс трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників;  
 $I_3$  – індекс специфічних показників токсичної і радіаційної дії.

В курсовому проекті треба оцінити якість води по даній методиці. При цьому використати робочі таблиці методики (табл. 4.8 – 4.14) і вхідні гідрохімічні дані (табл. А.5 додатку).

Першим кроком в екологічній оцінці є класифікація води за критерієм критеріями іонного складу, яка виконується згідно табл. 4.8. Клас води дається по домінуючому аніону, група – по катіону, тип залежить від співвідношення іонів: I тип ( $\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^+ + \text{Mg}^{2+}$ ); II тип ( $\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^+ + \text{Mg}^{2+} < \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$ ); III тип ( $\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} < \text{Ca}^+ + \text{Mg}^{2+}$  або  $\text{Cl}^- > \text{Na}^+$ ); IV тип ( $\text{HCO}_3^- = 0$ ).

Надалі проводиться класифікація води за критерієм мінералізації і розрахунок індексу забруднення компонентами сольового складу  $I_1$  згідно табл. 4.9 – 4.11. Потім розраховуються індекси трофо – сапробіологічних (еколого-санітарних) показників ( $I_2$ ) та індекси специфічних показників токсичної і радіаційної дії ( $I_3$ ) згідно табл. 4.12 – 4.13. При розрахунку блоку специфічних речовин токсичної дії слід врахувати, що у табл. 4.13 нормативи категорій якості води даються у  $\text{мкг/дм}^3$  а у вхідних гідрохімічних даних відповідні показники виражені у  $\text{мг/дм}^3$ . Остаточна оцінка робиться після розрахунку екологічного індексу по формулі 4.7 та по табл. 4.14. Отримані результати треба помістити в додаток Г, посилаючись на них у тексті, письмово проаналізувати отримані результати.

Таблиця 4.8 – Класифікація якості поверхневих вод суші та естуаріїв за критеріями іонного складу

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

Таблиця 4.9 – Класифікація якості поверхневих вод суші та естуаріїв за критерієм мінералізації

Клас якості вод	Прісні води - I		Солонуваті води - II			Солоні води - III	
	Гіпогалінні - 1	Олігогалінні - 2	$\beta$ -мезогалінні - 3	$\alpha$ -мезогалінні - 4	Полігалінні - 5	Еугалінні - 6	Ультрагалінні - 7
Мінералізація, г/дм <sup>3</sup>	<0.5	0.51-1.0	1.01-5.0	5.01-18.0	18.01-30.0	30.01-40.0	>40.0

Таблиця 4.10 – Класифікація якості прісних гіпо- та олігогалінних вод за критеріями забруднення компонентами сольового складу

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

Таблиця 4.11 – Класифікація якості солонуватих β-мезогалінних вод за критеріями забруднення компонентами сольового складу

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

Таблиця 4.12 – Екологічна класифікація якості поверхневих вод суші та естуаріїв за трофо-сапробіологічними критеріями (фрагмент)

Клас якості вод	I	II		III		IV	V
Категорія якості вод	1	2	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7	8
Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	<5	5-10	11-20	21-30	31-50	51-100	>100
рН	6.9-7.0	6.7-6.7	6.5-6.6	6.3-6.4	6.1-6.2	5.9-6.0	<5.9
	7.1-7.5	7.6-7.9	8.0-8.1	8.2-8.3	8.4-8.5	8.6-9.7	>8.7
Азот амонійний, мгN/дм <sup>3</sup>	<0.1	0.1-0.2	0.21-0.3	0.31-0.5	0.51-1	1.01-2.5	>2.5

Продовження табл. 4.12

1	2	3	4	5	6	7	8
Азот нітритний, мгN/дм <sup>3</sup>	<0.002	0.002- 0.005	0.006- 0.01	0.011- 0.02	0.021- 0.05	0.051- 0.1	>0.1
Азот нітратний, мгN/дм <sup>3</sup>	<0.2	0.2-0.3	0.31- 0.5	0.51- 0.7	0.71- 1.0	1.01- 2.5	>2.5
Фосфор фосфатів, мгP/дм <sup>3</sup>	<0.015	0.015- 0.03	0.031- 0.05	0.051- 0.1	0.101- 0.2	0.201- 0.3	>0.3
Розчинений кисень, мгO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	>8	7.6-8	7.1-7.5	6.1-7	5.1-6	4-5	<4
Розчинений кисень, % насичення	96-100	91-96	81-90	71-80	61-70	40-60	<40
	101- 105	106- 110	111- 120	121- 130	131- 140	141- 150	>150
БСК <sub>5</sub> , мгO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	<1.0	1.0-1.6	1.7-2.1	2.2-4.0	4.1-7.0	7.1- 12.0	>12.0
Перманганатна окислюваність, мгO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	<3	3.0-5.0	5.1-8.0	8.1- 10.0	10.1- 15.0	15.1- 20.0	>20.0
Біхроматна окислюваність, мгO <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	<9	9-15	16-25	26-30	31-40	41-60	>60

Таблиця 4.13 – Екологічна класифікація якості поверхневих вод суші та естуаріїв за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної дії (фрагмент)

Клас якості вод	I		II		III		IV	V
	1	2	3	4	5	6	7	
Мідь, мкг/дм <sup>3</sup>	<1	1	2	3-10	11-25	26-50	>50	
Цинк, мкг/дм <sup>3</sup>	<10	10- 15	16-20	21-50	51-100	101-200	>200	
Хром заг., мкг/дм <sup>3</sup>	<2	2-3	4-5	6-10	11-25	26-50	>50	
Залізо заг., мкг/дм <sup>3</sup>	<50	50- 70	76- 100	101- 500	501- 1000	1001- 2500	>2500	
Марганець, мкг/дм <sup>3</sup>	<10	10- 25	26-50	51-100	101- 500	501- 1250	>1250	
Нафтопродукти, мкг/дм <sup>3</sup>	<10	10- 25	26-50	51-100	101- 200	201-300	>300	
Феноли, мкг/дм <sup>3</sup>	0	<1	1	2	3-5	6-20	>20	
СПАР, мкг/дм <sup>3</sup>	0	<10	10-20	21-50	51-100	101-250	>250	

Таблиця 4.14 – Класи і категорії якості поверхневих вод суші та естуаріїв України за екологічною класифікацією

Клас якості вод	I	II		III		IV	V
Категорія якості вод	1	2	3	4	5	6	7
Назва класів і категорій якості вод за їх станом	Відмінні	Добрі		Задовільні		Погані	Дуже погані
	Відмінні	Дуже добрі	Добрі	Задовільні	Посередні	Погані	Дуже погані
Назва класів і категорій якості вод за ступенем їх чистоти (забрудненості)	Дуже чисті	Чисті		Забруднені		Брудні	Дуже брудні
	Дуже чисті	Чисті	Досить чисті	Слабко забруднені	Помірно забруднені	Брудні	Дуже брудні
Трофність (переважаючий тип)	Оліготрофні	Мезотрофні		Евтрофні		Політрофні	Гіпертрофні
	Олігомезотрофні	Мезотрофні	Мезоевтрофні	Евтрофні	Евполітрофні	Політрофні	Гіпертрофні
Сапробність	Олігосапробні		β-мезосапробні		α-мезосапробні		Полісапробні
	β-олігосапробні	α-олігосапробні	β'-мезосапробні	β''-мезосапробні	α'-мезосапробні	α''-мезосапробні	Полісапробні



## 4.6 Оцінка якості води для зрошення

Якість зрошувальної води в Україні регламентується ДСТУ 2730-94 «Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії», яким встановлюються вимоги до якості природних поверхневих і підземних вод для потреб зрошення.

Осолонцювання ґрунтів – процес поглинання колоїдним ґрунтовим комплексом іонів натрію і калію.

Підлужнення ґрунтів – процес утворення в ґрунтовому розчині гідрокарбонатних іонів.

Вторинне засолення ґрунтів – процес накопичення в ґрунті водорозчинних солей в результаті зрошення та іншої антропогенної діяльності.

Загальна лужність – вміст карбонатних і гідрокарбонатних іонів.

Токсична лужність – лужність, зумовлена гідрокарбонатами.

Токсичні солі – легкорозчинні солі, токсичні для рослин.

Нормування якості зрошувальної води за агрономічними критеріями покликане забезпечити врожайність і якість сільськогосподарської продукції, збереження родючості ґрунтів, уникнення їх засолення, осолонцювання, підлужнення.

При оцінці зрошувальної води виділяють такі класи якості:

- I клас («придатна»);

- II клас («обмежено придатна»);

- III клас («за межами», непридатна для зрошення без попереднього поліпшення її складу).

Зрошувальна вода II класу використовується при обов'язковому застосуванні комплексу заходів з попередження деградації і забруднення ґрунтів, постійному веденні ґрунтово - меліоративного та екологічного моніторингу.

При порушенні в ґрунті рівноважних процесів у процесі зрошення проводять меліорацію. У воду або ґрунт додають хімічні меліоранти (гіпс, сірчана кислота, залізний купорос). Наприклад, якщо в поливній воді багато натрію, то це загрожує осолонцюванням зрошуваних ґрунтів, для боротьби з цим вносять гіпс. При недостатньому гіпсуванні в солонцюватих ґрунтах врожайність знижується на 10-30 %. Якщо ґрунт кислий, його вапнують.

### *Оцінка небезпеки вторинного засолення ґрунту*

Здійснюється на основі показників мінералізації води і загальної концентрації токсичних іонів (в еквівалентному хлорі) з урахуванням гранулометричного складу ґрунтів (табл. 4.15).

Таблиця 4.15 — Оцінка якості зрошувальної води за небезпекою вторинного засолення ґрунтів

Мінералізація, г/дм <sup>3</sup>	Вміст еквівалентного хлору, мг-екв/дм <sup>3</sup>			Клас якості води
	Тип ґрунту			
	Піщані і супіщані	Легко і середньо суглинисті	Важко суглинисті і глинисті	
0.2-1.0	<15	<10	<5	I клас. Придатна без обмежень
1.0-3.0	15-40	10-30	5-25	II клас. Обмежено придатна

Перерахунок токсичних солей в еквівалентний хлор проводять за формулою

$$\Sigma Cl^- = Cl^- + 0.2SO_4^{2-} + 0.4HCO_3^- + 10CO_3^{2-} . \quad (4.8)$$

#### **Оцінка небезпеки підлужнення (підкислення) ґрунту**

Здійснюється на основі оцінки вмісту рН, токсичної та карбонатної лужності (табл. 4.16) з врахуванням кислотності ґрунту (табл. 4.17).

Таблиця 4.16 — Оцінка якості зрошувальної води за небезпекою підлужнення (підкислення) ґрунту

Показники	Група ґрунтів			Клас якості води
	Кислі	Нейтральні	Лужні	
рН	8.2-8.0	8.0-7.6	<7.6	I клас
[CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ], мг-екв/дм <sup>3</sup>	<0.3	-	-	
[HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> — Ca <sup>2+</sup> ], мг-екв/дм <sup>3</sup>	2.5-2.0	2.0-1.5	<1.5	
рН	8.2-9.0	8.0-8.8	7.6-8.5	II клас
[CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ], мг-екв/дм <sup>3</sup>	0.3-0.9	0.1-0.6	0.1-0.3	
[HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> — Ca <sup>2+</sup> ], мг-екв/дм <sup>3</sup>	2.5-6.0	2.0-5.0	1.5-4.5	

Таблиця 4.17 – Градація ґрунтів за кислотністю

Група ґрунтів	pH водний	[CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ], мг-екв/дм <sup>3</sup>	[HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> — Ca <sup>2+</sup> ], мг-екв/100г
Кислі	< 6.5	-	< 0.5
Нейтральні	6.5-7.5	-	0.8
Лужні	> 7.5	> 0.03	> 0.8

**Оцінка небезпеки токсичного впливу води на рослини (опіки листя і коріння)**

Здійснюється згідно табл. 4.18.

Таблиця 4.18 – Оцінка якості зрошувальної води за небезпекою токсичного впливу на рослини

Вміст у мг-екв/дм <sup>3</sup>				Клас якості води
[HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]	[HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - Ca <sup>2+</sup> ]	[CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> ]	[Cl]	
<3.5	<2.0	-	<3.0	I клас (застосування безпечне)
3.5-8.5	2.0-5.0	0.1-0.6	3.0-15	II клас (застосування небезпечне, особливо при зрошенні дощуванням у денний жаркий час, потрібна попередня нейтралізація лужності і розведення до безпечних параметрів)
>8.5	>5	>0.6	>15	III клас («за межами», застосування неприпустиме)

**Оцінка небезпеки осолонцювання ґрунту**

Здійснюється за відношенням (у %) вмісту калію і натрію до суми катіонів (мг-екв) з врахування протисолонцевої буферності і гранулометричного складу ґрунтів, поправкою на співвідношення у воді магнію до кальцію і отриманого на 1-2 етапах класу якості води за небезпекою засолення і підлужнення ґрунту. Буферність ґрунту визначається середньою активністю кальцію у ґрунтовому розчині (табл. 4.19 – 4.21).

Отримані величини відношення суми катіонів натрію і калію до суми всіх катіонів коригують залежно від показника відношення в зрошувальній

воді катіонів магнію до кальцію. У разі, якщо відношення магнію до кальцію більше одиниці, то відношення катіонів натрію і калію до суми всіх катіонів (у %) збільшується на ту кількість одиниць, яка відповідає кількості десятих часток у співвідношенні магнію до кальцію.

Таблиця 4.19 – Оцінка якості зрошувальної води за небезпекою осолонцювання ґрунту

Клас зрошувальної води за небезпекою засолення і підлужнення ґрунту (1-2 етапи)	Відношення суми калію і натрію до суми катіонів у мг-екв/дм <sup>3</sup> , %			Клас якості води
	Тип ґрунту			
	Піщані і супіщані. Суглинисті високо буферні	Суглинисті низько і середньо буферні. Глинисті високо буферні	Глинисті низько і середньо буферні	
I	<60	<50	<40	I клас, придатна без обмежень
II	<50	<40	<30	
I	60-80	50-70	40-60	II клас, потрібні заходи боротьби з осолонцюванням ґрунтів
II	50-70	40-60	30-50	

Таблиця 4.20 — Градація ґрунтів за протисолонцевою буферністю

Буферність ґрунту	Активність кальцію ґрунтового розчину, мг-екв/дм <sup>3</sup>
Низька	< 6.0
Середня	6.0-10.0
Висока	> 10.0

Таблиця 4.21 – Активність іонів кальцію в ґрунтах України

Найменування ґрунту	Активність кальцію ґрунтового розчину, мг-екв/дм <sup>3</sup>	
	Межі коливань	Середня
<b>Лісостеп центральний</b>		
Темно-сірий лісовий	3.5-5.5	4.5
Чорнозем опідзолений	5.0-6.0	5.5
Чорнозем типовий мало гумусний	4.0-5.0	4.5
Чорнозем типовий середньо гумусний	6.0-7.5	6.75
<b>Лісостеп лівобережний</b>		
Темно-сірий лісовий	3.2-5.0	4.1
Чорнозем опідзолений	4.0-6.0	5
Чорнозем типовий мало гумусний	6.0-7.5	6.75
Чорнозем типовий середньо гумусний	8.0-12.0	10
Чорнозем типовий середньо гумусний карбонатний	9.0-13.0	11
<b>Степ північний</b>		
Чорнозем звичайний	6.0-9.0	7.5
Чорнозем звичайний карбонатний	7.0-13.0	10
<b>Степ південний</b>		
Чорнозем південний	5.5-12.5	9
Темно-каштановий залишково солонцюватий	10.5-12.5	11.5
Темно каштановий середньо солонцюватий	7.0-8.0	7.5
Темно каштановий сильно солонцюватий	5.5-6.5	6
Каштановий слабо солонцюватий	10.5-12.5	11.5
Каштановий середньо солонцюватий	7.0-8.0	7.5
Каштановий сильно солонцюватий	5.0-6.0	5.5
Солонець степовий	2.5-3.5	3

### *Оцінка за термодинамічними показниками*

Здійснюється (табл. 4.22) з врахуванням протисолонцюючої буферності ґрунтів (табл. 4.20).

Таблиця 4.22 – Оцінка якості зрошувальної води за термодинамічними показниками

Буферність ґрунту	Термодинамічні показники води			Клас якості води
	pNa-0.5pCa	pH-pNa	$\frac{pH - pNa}{pNa - 0.5pCa}$	
Низька	>1.35	3.0-4.0	<3.0	I клас, придатна без обмежень
Середня	>1.25	3.0-4.5	<3.6	
Висока	>1.2	3.0-5.0	<4.2	
Низька	1.35-0.65	4.0-5.0	3.0-7.0	II клас, є небезпека підлужнення і осолонцювання
Середня	1.25-0.55	4.5-6.0	3.6-11.0	
Висока	1.2-0.5	5.0-7.0	4.2-14.0	

### **Оцінка за температурою води**

Оптимальний температурний режим зрошувальної води повинен бути в межах від 10 до 30 ° С. Для поливів у поза вегетаційний період температура води не обмежується.

У курсовому проекті потрібно оцінити придатність води для зрошення. Для цього використовують гідрохімічну інформацію (табл. А.5.): рН, головні іони, мінералізація.

Перерахунок концентрацій іонів з мг/дм<sup>3</sup> у мг-екв/дм<sup>3</sup> здійснюється шляхом поділу концентрації на коефіцієнти: 20.04 (кальцій), 12.16 (магній), 23 (натрій), 39.208 (калій), 61.05 (гідрокарбонат), 35.461 (хлорид), 48.031 (сульфат). Для перевірки правильності розрахунків еквівалентів головних іонів обов'язково перевіряється правило рівності сум еквівалентів катіонів та аніонів.

При оцінці небезпеки осолонцювання ґрунтів потрібно обчислити відношення суми еквівалентів натрію і калію до суми еквівалентів всіх катіонів у % . При цьому потрібно зробити поправку на співвідношення магнію до кальцію. Тип ґрунтів на зрошуваних масивах - чорнозем південний, легко и середньо суглинистий.

При оцінці за термодинамічними показниками розрахунок потенціалів натрію і кальцію здійснюється шляхом множення їх еквівалентів на коефіцієнти 0.9 і 0.25.

Отримані результати поміщують в додаток Г роботи, посилаються на них у тексті, аналізують отримані дані.

## 5 СТРУКТУРА, ОЦІНЮВАННЯ, ЗАХИСТ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

В тексті курсового проекту потрібно послідовно коротко висвітлити основні теоретичні питання та зробити аналіз виконаних розрахунків. Також в тексті роботи мають бути розміщені отримані розрахункові таблиці, графічні залежності, схема водосховища, тощо. План і зразок титульного аркуша курсового проекту наведені в додатку Б.

Роботу треба оформляти на листах стандартного білого паперу формату А<sub>4</sub>. Текстову частину та таблиці дозволяється виконувати лише від руки, при цьому текст треба писати за допомогою чорної ручки, а графічні роботи виконувати на аркушах міліметрового паперу лише тонко загостреним звичайним олівцем. Всі сторінки роботи мають бути пронумеровані, при написанні тексту треба дотримуватись полів 20 мм з усіх боків, абзацний відступ – 1,5 см. Кожну главу роботи треба починати з нового листа, підрозділи роботи дозволяється виконувати на одній сторінці підряд, дотримуючись відступів між ними по 1 см, якщо після кінця чергового підрозділу на листі є місце для 5 і менше рядків тексту, то новий підрозділ треба починати з нового листа. Всі глави і підрозділи роботи мають бути чітко відокремлені в тексті, логічно зв'язані між собою, написані коротко, просто і лаконічно.

Формули, рисунки, таблиці треба нумерувати по мірі їх згадування в тексті, нумерацію робити окремо для рисунків, графіків, таблиць і ставити першою цифрою номер відповідної глави змісту або букву відповідного додатку („рис. 1.1” - перший рисунок першої глави, „рис. А.1” – перший рисунок додатку А).

Всі глави та розділи плану мають бути висвітлені. Одразу після теорії вказується, що і як рахувалось, де розміщено розрахований матеріал і в якому вигляді, робиться письмовий аналіз отриманих результатів. Всі розраховані результати поміщуються у відповідні додатки:

додаток А (схема водосховища, таблиця розрахованих значень площ дзеркала, об'ємів води і середніх глибин водосховища при різних відмітках його наповнення, відповідний суміщений графік, поздовжній профіль водосховища і робоча таблиця до нього);

додаток Б (10 профілів поперечного перерізу і таблиць до них);

додаток В (розрахована таблиця прогнозу гідрохімічного режиму водосховища, 8 суміщених графіків ходу середньомісячних концентрацій гідрохімічних показників на вході і виході з водосховища);

додаток Г (розрахункові таблиці по методикам оцінки якості води).

У вступі вказується мета виконання даного курсового проекту, основні величини, які розраховуються, значимість виконуваних розрахунків для ефективного вирішення водогосподарських завдань та забезпечення екологічно безпечного функціонування водосховища.

У висновках робиться стислий виклад того, що було досягнуто після

виконання курсового проекту – які параметри було обраховано, які графіки було отримано, яка якість води буде у водосховищі в перший рік після його наповнення, який вплив воно справлятиме на оточуюче середовище. Послідовно перелічують основні етапи роботи. В кінці йде загальний висновок про значимість виконаної роботи для фахівця-гідроеколога.

Номер варіанту курсового проекту визначається викладачем згідно списку студентів, конкретні початкові гідрохімічні дані з беруться з додатку А даних методичних вказівок, план (карта) водосховища в горизонталях видається особисто викладачем згідно початкового варіанту.

Курсовий проект починає виконуватись з початком семестру і має бути своєчасно завершеним і наданим керівнику для перевірки. Термін перевірки курсового проекту викладачем – керівником складає до 5 днів. Після цього курсовий проект повертається на доробку (в разі наявності помилок при розрахунках, неправильного або неохайного оформлення, при цьому конкретні причини та терміни доробки вказуються викладачем письмово та додаються до проекту). Після доробки проекту і повторної перевірки керівник повертає роботу студенту для підготовки його захисту.

Захист курсового проекту є обов'язковим і проводиться за окремим розкладом перед комісією, яку призначає завідувач кафедри. Оцінка виставляється згідно принципів кредитно-модульної системи оцінювання знань студентів в ОДЕКУ. Згідно робочої програми, максимальна оцінка за курсовий проект по дисципліні «Гідрометрія та гідрохімія» складає 100 % (30 балів). При цьому повністю виконана робота, яка пройшла перевірку викладачем і отримала допуск до захисту оцінюється у 60%.

На загальну оцінку впливає ступінь завершеності курсового проекту (правильність розрахунків, отримані висновки) і загальна відповідність курсового проекту існуючим стандартам оформлення. Також на оцінку впливає успішність захисту роботи студентом (відповіді на питання комісії щодо змісту роботи, розрахунків, отриманих результатів). Отримана оцінка, разом з поточними екзаменаційними сесійними оцінками, впливає на загальний рейтинг студента, забезпечення стипендією.

У разі несвоєчасного подання курсового проекту на перевірку захист роботи не проводиться і робота (у разі її допуску до захисту) оцінюється максимально у 60 % без проведення процедури захисту перед комісією.

У разі невиконання роботи взагалі студент буде недопущений до екзамену з дисципліни, до сесії, до літньої практики і буде вважатися таким, що має академічну заборгованість з усіма відповідними наслідками.



## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Лебедев В.В. Гидрология и гидрометрия в задачах. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 680 с.
2. Лучшева А.А. Практическая гидрология. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 380 с.
3. Лучшева А.А. Практическая гидрометрия. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 424 с.
4. Быков В.Д., Васильев А.В. Гидрометрия. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 448 с.
5. Карасев И.Ф., Васильев А.В., Субботина Е.С. Гидрометрия. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 376 с.
6. Бахтиаров В.А. Водное хозяйство и водохозяйственные расчёты. – Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 320 с.
7. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 6, Ч.1. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 420 с.
8. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 2, Ч.2. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 362 с.
9. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод. – К.: Ніка центр, 2001. – 264 с.
10. Осадчий В.І., Набиванець Б.Й., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. Гідрохімічний довідник: Поверхневі води України. Гідрохімічні розрахунки. Методи аналізу. – К.: Ніка центр, 2008. – 656 с.
11. ДСТУ 2730-94. Качество природной воды для орошения. Агрономические критерии. К.: Госстандарт Украины, 1994. – 14 с.
12. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения СанПиН № 4630-88. Министерство здравоохранения СССР, Москва, 1988г.
13. Обобщенный перечень предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. Москва. 1990г.

## **ДОДАТКИ**

Таблиця А.1 – Дані промірів глибин, р. Дністер – с. Маяки (створ № 1),  
абс. відм. урізу 1,39 м БС,  $H_{\text{поч.}} = 159$  см,  $H_{\text{кін.}} = 156$  см,  $H_{\text{разр.}} = \underline{\hspace{2cm}}$  см

№ промірної вертикалі, і	Відстань від постійного початку, $b_i$ , м	Глибина, $h_i$ , м	Площа поперечного перерізу, $\omega$ , м <sup>2</sup>			Змочений периметр, $\chi$ , м				
			Відстань між промірними вертикалями, $b_j = b_i - b_{i-1}$ , м	Глибина між промірними вертикалями, $h_j = (h_i + h_{i-1})/2$ , м	Площа між промірними вертикалями, $w_j = b_j \cdot h_j$ , м <sup>2</sup>	$b_{j-1}$ , м	Різниця глибин між промірними вертикалями, $\Delta h_j = h_i - h_{i-1}$ , м	$\Delta h_{j-1}$ , м	$X_j^2 = b_j^2 + \Delta h_j^2$ , м <sup>2</sup>	$\chi_j = \sqrt{b_j^2 + \Delta h_j^2}$ , м
Уріз л.б.	9,80	0,00								
1	10,50	2,48								
2	12,50	2,94								
3	14,50	2,60								
4	16,50	2,24								
5	18,50	2,00								
6	20,50	2,16								
7	22,50	2,36								
8	24,50	3,09								
9	26,50	3,56								
10	28,50	3,70								
11	30,50	4,08								
12	32,50	3,72								
13	34,50	3,92								
14	36,50	3,84								
15	38,50	3,90								
16	40,50	3,76								
17	42,50	3,80								
18	44,50	2,40								
19	46,50	2,06								
20	48,50	2,04								
21	50,50	1,80								
Уріз пр.б.	52,50	0,00								
$\omega = \sum \omega_j = \underline{\hspace{2cm}}$ м <sup>2</sup>					$\chi = \sum \chi_j = \underline{\hspace{2cm}}$ м					

Таблиця А.2 – Початкові дані до прогнозу гідрохімічного режиму

Варіант 1										
Місяць	$\overline{Q_p}$ м <sup>3</sup> /с	$t$ °С	Середньомісячні концентрації речовин (мг/дм <sup>3</sup> )							
			<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>SO<sub>4</sub></i>	<i>Cl</i>	$\Sigma$ м	<i>NH<sub>4</sub></i>	<i>Fe</i>	<i>H-np.</i>
01	5,5	1,5	68,1	15,3	72,5	34	463	1,8	0,35	0,12
02	4,9	1,9	52,9	5,3	48,6	14	292	1,6	0,24	0,22
03	8,1	2,2	92,5	16,7	28	57,7	464	2,1	0,25	0,35
04	10	5,7	75	14	38	64,2	507	0,8	0,6	0,44
05	7,2	8,4	66,8	15,3	49,8	28	420	0,6	0,8	0,05
06	8,1	12,2	68	7,4	28	22,3	340	0,25	0,55	0,2
07	6,5	15,6	57,5	3,4	28,5	25,2	291	0,3	1,1	0,18
08	10,9	17,9	58	9,8	37,8	33,8	340	0,4	1,5	0,05
09	13	12,3	65,2	6,7	98,9	34,9	337	0,25	1,8	0,03
10	7,7	8,5	111	15	107,3	67,2	584	0,9	0,9	0,08
11	8,6	6,4	44	13,1	27,2	28,2	349	1,4	0,85	0,2
12	9,5	3,6	71	11,2	51,8	61,3	490	1,7	0,4	0,11
Варіант 2										
Місяць	$\overline{Q_p}$ м <sup>3</sup> /с	$t$ °С	Середньомісячні концентрації речовин (мг/дм <sup>3</sup> )							
			<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>SO<sub>4</sub></i>	<i>Cl</i>	$\Sigma$ м	<i>NH<sub>4</sub></i>	<i>Fe</i>	<i>H-np.</i>
01	3,5	1,5	38	6,1	25,5	16	240	1,6	0,35	0,15
02	5,9	2,9	36	6,6	24,7	42,3	257	1,7	0,24	0,20
03	7,1	3,2	70,1	17	57	23,3	375	3,1	0,25	0,44
04	12	6,7	66,1	10,1	42,2	35,1	373	0,85	0,6	0,33
05	9,2	8,4	50,5	6,4	48,6	12,2	254	0,66	0,8	0,06
06	10,1	11,2	58,3	12,9	73,2	8,2	388	0,47	0,55	0,4
07	6,5	15,6	77	20,9	74,9	10,9	444	0,35	1,1	0,19
08	9,9	18,9	69	4,9	25,6	13,6	294	0,55	1,5	0,07
09	8,89	13,3	83,4	13,6	49,4	35,4	399	0,74	1,8	0,04
10	10	9,5	79,4	11,1	70,8	42,5	448	0,85	0,9	0,08
11	13	8,4	95,6	16	59,6	48,2	502	2,5	0,85	0,4
12	13	4,6	89,1	15	7,7	43,9	403	2,1	0,4	0,19
Варіант 3										
Місяць	$\overline{Q_p}$ м <sup>3</sup> /с	$t$ °С	Середньомісячні концентрації речовин (мг/дм <sup>3</sup> )							
			<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>SO<sub>4</sub></i>	<i>Cl</i>	$\Sigma$ м	<i>NH<sub>4</sub></i>	<i>Fe</i>	<i>H-np.</i>
01	4,5	1,5	104,3	9,8	56,8	46	448	1,8	0,35	0,12
02	8,9	1,9	115	13,4	76,6	51,4	494	1,6	0,24	0,22
03	6,5	2,2	80,3	9,2	58	54,2	427	2,1	0,25	0,35
04	11	5,7	114,5	17,3	100	61,5	654	0,8	0,6	0,44
05	6,3	8,4	74,1	18,6	25,1	26,4	421	0,6	0,8	0,05
06	8,5	12,2	91,2	8,4	36,2	23,4	343	0,25	0,55	0,2
07	7,5	15,6	35,3	8,6	6,6	15	206	0,3	1,1	0,18
08	10,9	17,9	103,2	20,4	34,2	45,8	528	0,4	1,5	0,05
09	10	12,3	71,9	10,4	11,5	38,1	363	0,25	1,8	0,03
10	6,5	8,5	45,5	15,1	28,4	20,7	283	0,9	0,9	0,08
11	7,6	6,4	68,5	16,2	74,9	31,4	461	1,4	0,85	0,2
12	11,8	3,6	88,8	17	68,7	38,5	529,4	1,7	0,4	0,11

Продовження табл. А.2

Варіант 4										
Місяць	$\overline{Q_p}$ м <sup>3</sup> /с	t °C	Середньомісячні концентрації речовин (мг/дм <sup>3</sup> )							
			Ca	Mg	SO <sub>4</sub>	Cl	Σм	NH <sub>4</sub>	Fe	H-np.
01	3,5	1,5	103,2	20,4	34,2	45,8	528	1,4	0,1	0,45
02	5,9	2,9	71,9	10,4	11,5	38,1	363	1,6	0,6	0,02
03	7,1	3,2	45,5	15,1	28,4	20,7	283	2,2	0,76	0,65
04	12	6,7	68,5	16,2	74,9	31,4	461	0,45	0,12	0,78
05	9,2	8,4	88,8	17	68,7	38,5	529	0,78	0,2	0,05
06	10,1	11,2	98,8	24,4	94,2	65,9	683	0,45	0,32	0,4
07	6,5	15,6	49,9	11,6	33,6	17,6	259	0,65	1,96	0,85
08	9,9	18,9	60,5	13,4	47,7	22,6	362	0,44	2,5	0,09
09	8,89	13,3	60,9	13,9	49,8	27,8	465	0,78	0,52	0,45
10	10	9,5	48,7	7,7	30	10	399	0,85	1,2	0,08
11	13	8,4	40,9	7,5	79,8	10,7	380	2,7	3,36	0,7
12	13	4,6	59,1	9,1	50,2	28,4	460	2,6	1,4	0,25
Варіант 5										
Місяць	$\overline{Q_p}$ м <sup>3</sup> /с	t °C	Середньомісячні концентрації речовин (мг/дм <sup>3</sup> )							
			Ca	Mg	SO <sub>4</sub>	Cl	Σм	NH <sub>4</sub>	Fe	H-np.
01	5,5	1,5	73,7	20,1	40,3	30,2	442	1,5	2,12	0,11
02	4,9	1,9	101,6	19,1	75,7	33,5	583	1,4	0,36	0,65
03	8,1	2,2	103	22,9	80,2	44,5	672	2,8	0,5	0,45
04	10	5,7	76,4	11,4	70,8	60,9	430	0,45	1,4	0,11
05	7,2	8,4	72,7	15,6	60,9	29,3	403	0,61	0,2	0,07
06	8,1	12,2	62,7	9	75,3	47	414	0,54	0,5	0,9
07	6,5	15,6	77,8	20,9	94,2	59,4	528	0,78	0,68	0,17
08	10,9	17,9	100	24,8	79,8	130,8	762	0,95	1	0,02
09	13	12,3	88,6	17,6	83,9	58,6	619	0,12	0,24	0,02
10	7,7	8,5	59,3	31,1	47,7	47,5	485	0,05	0,72	0,08
11	8,6	6,4	72,9	18,8	56,8	36,5	435	1,7	3,6	0,5
12	9,5	3,6	79,4	16,9	72,4	50,7	463	1,9	2,3	0,17
Варіант 6										
Місяць	$\overline{Q_p}$ м <sup>3</sup> /с	t °C	Середньомісячні концентрації речовин (мг/дм <sup>3</sup> )							
			Ca	Mg	SO <sub>4</sub>	Cl	Σм	NH <sub>4</sub>	Fe	H-np.
01	3,5	1,5	58,5	8,8	40,3	38,6	314	1,6	1,7	0,15
02	5,9	2,9	50,9	9,8	46,9	27,5	285	1,7	3,3	0,20
03	7,1	3,2	78,8	12,4	60,1	42,9	375	3,1	3,2	0,44
04	12	6,7	61,3	14,7	54,3	81	436	0,85	1,2	0,33
05	9,2	8,4	52,1	14,3	44,4	82,3	408	0,66	0,9	0,06
06	10,1	11,2	47,3	6,7	33,7	17,8	255	0,47	4	0,4
07	6,5	15,6	78,4	15,2	58,4	35,9	474	0,35	0,28	0,19
08	9,9	18,9	49,7	4,5	23	25,4	244	0,55	0,04	0,07
09	8,89	13,3	29,2	10,1	22,2	10,9	179	0,74	0,04	0,04
10	10	9,5	49,1	9,8	33,3	19,1	264	0,85	0,72	0,08
11	13	8,4	46,3	7,4	15,2	16,9	233	2,5	0,12	0,4
12	13	4,6	43,1	6,4	25,9	12,8	229	2,1	0,08	0,19

Продовження табл. А.2

Варіант 7										
Місяць	$\overline{Q_p}$ м <sup>3</sup> /с	$t$ °С	Середньомісячні концентрації речовин (мг/дм <sup>3</sup> )							
			<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>SO<sub>4</sub></i>	<i>Cl</i>	$\Sigma$ м	<i>NH<sub>4</sub></i>	<i>Fe</i>	<i>H-np.</i>
01	5,5	1,5	45,7	14,6	38,3	20,2	269	1,8	0,02	0,12
02	4,9	1,9	96	17,6	72	48,2	563	1,6	0,05	0,22
03	8,1	2,2	46	13,4	50,2	20	292	2,1	0,05	0,35
04	10	5,7	58,7	17,4	72,4	27,3	408	0,8	0,5	0,44
05	7,2	8,4	66,9	11,4	81,4	34,2	427	0,6	0,6	0,05
06	8,1	12,2	42,7	7,2	35,8	31	269	0,25	0,02	0,2
07	6,5	15,6	55,7	10,6	53,3	24,1	347	0,3	1,2	0,18
08	10,9	17,9	60,9	9,6	56	31,6	393	0,4	0,02	0,05
09	13	12,3	45,5	11,7	55,2	28,4	343	0,25	0,04	0,03
10	7,7	8,5	35,5	7,9	49,6	28,9	267	0,9	0,16	0,08
11	8,6	6,4	87,2	15,4	72,8	39,3	624	1,4	0,12	0,2
12	9,5	3,6	75,4	13,9	52,2	28,2	426	1,7	1,6	0,11
Варіант 8										
Місяць	$\overline{Q_p}$ м <sup>3</sup> /с	$t$ °С	Середньомісячні концентрації речовин (мг/дм <sup>3</sup> )							
			<i>Ca</i>	<i>Mg</i>	<i>SO<sub>4</sub></i>	<i>Cl</i>	$\Sigma$ м	<i>NH<sub>4</sub></i>	<i>Fe</i>	<i>H-np.</i>
01	3,5	1,5	56,5	8,4	107	18,1	446	1,8	0,5	0,22
02	5,9	2,9	63,3	19,7	70,8	40,7	429	1,65	0,54	0,65
03	7,1	3,2	88,8	19	82,3	42,9	530	3,6	0,31	0,45
04	12	6,7	69,1	12,3	74,9	27,4	416	0,98	0,15	0,85
05	9,2	8,4	59,7	10,8	80,2	29,9	374	0,75	0,13	0,65
06	10,1	11,2	51,9	8,6	58	13,7	277	0,45	0,4	0,2
07	6,5	15,6	54,5	7,7	40,3	16,9	287	0,44	0,6	0,05
08	9,9	18,9	45,3	6,4	39,5	18,3	245	0,78	2,1	0,08
09	8,89	13,3	68,9	11,1	69,1	30,3	410	0,85	0,36	0,07
10	10	9,5	50,5	8,9	57,6	26,8	313	0,65	0,3	0,08
11	13	8,4	52,9	12	27,7	33,4	481	2,8	0,3	0,55
12	13	4,6	56,5	19,5	75,4	37,6	381	4,1	0,16	0,45

Таблиця А.3 – Прогноз хімічного складу води водосховища

Міс.	Загальні параметри						Середньомісячні концентрації (мг/дм <sup>3</sup> )								
	$\overline{Q_p}$ м <sup>3</sup> /с	$\overline{Q_{вит}}$ м <sup>3</sup> /с	V м <sup>3</sup>	$\tau^*$ , діб	t °C	$\eta$ %	Консервативні речовини					Неконсервативні речовини			
							Ca	Mg	SO <sub>4</sub>	Cl	$\sum M$	NH <sub>4</sub>	Fe	H-np.	
01															C <sub>сеп.ст.</sub>
															C <sub>к</sub>
02															C <sub>сеп.ст.</sub>
															C <sub>к</sub>
03															C <sub>сеп.ст.</sub>
															C <sub>к</sub>
04															C <sub>сеп.ст.</sub>
															C <sub>к</sub>
05															C <sub>сеп.ст.</sub>
															C <sub>к</sub>
06															C <sub>сеп.ст.</sub>
															C <sub>к</sub>
07															C <sub>сеп.ст.</sub>
															C <sub>к</sub>
08															C <sub>сеп.ст.</sub>
															C <sub>к</sub>
09															C <sub>сеп.ст.</sub>
															C <sub>к</sub>
10															C <sub>сеп.ст.</sub>
															C <sub>к</sub>
11															C <sub>сеп.ст.</sub>
															C <sub>к</sub>
12															C <sub>сеп.ст.</sub>
															C <sub>к</sub>

Таблиця А.4 – Значення нормативів ГДК для гідрохімічних показників

Показник	Господарсько – питні [12]		Рибогосподарські [10,13]
	ГДК	Категорія шкідливості	
Кольоровість, градуси	35	органолептична	-
Розчинений кисень (O <sub>2</sub> ), мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	≥4	санітарна	≥6
Кальцій (Ca <sup>2+</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	–	–	180
Магній (Mg <sup>2+</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	50	–	40
Натрій (Na <sup>+</sup> ) і калій (K <sup>+</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	(200)	санітарно-токсикологічна	(120)+(50)
Сульфати (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	500	органолептична	100
Хлориди (Cl <sup>-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	350	органолептична	300
Мінералізація (Σм), мг/дм <sup>3</sup>	1000	органолептична	1000
Фосфати (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ), мгP/дм <sup>3</sup>	1,141	санітарно - токсикологічна	1,0
Нітриди (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ), мгN/дм <sup>3</sup>	1,003	санітарно - токсикологічна	0,02
Нітрати (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), мгN/дм <sup>3</sup>	10,17	санітарно - токсикологічна	9,1
Амоній (NH <sub>4</sub> ), мгN/дм <sup>3</sup>	2	санітарно - токсикологічна	0,39
Кремній (Si), мг/дм <sup>3</sup>	10	санітарно - токсикологічна	–
Залізо загальне(Fe <sub>заг</sub> ), мг/дм <sup>3</sup>	0,3	органолептична	0,05
Біхроматна окиснюваність (ХСК), мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	15	санітарна, органолептична, сан – токс.	15
БСК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	3	санітарна	2,25
Феноли, мг/дм <sup>3</sup>	0,001	органолептична	0,001
Нафтопродукти, мг/дм <sup>3</sup>	0,3	органолептична	0,05
СПАР, мг/дм <sup>3</sup>	0,5	санітарно - токсикологічна	0,2
Мідь (Cu), мг/дм <sup>3</sup>	1	органолептична	0,01
Цинк (Zn), мг/дм <sup>3</sup>	1	санітарна	0,01
Хром загальний (Cr <sub>заг</sub> ), мг/дм <sup>3</sup>	0,05	санітарно - токсикологічна	0,001
Марганець (Mn), мг/дм <sup>3</sup>	0,05	органолептична	0,01



Таблиця А.5 – Результати гідрохімічного моніторингу якості води за 2008 р. по Одеській області

Дата	Завислі речовини (мг/дм <sup>3</sup> )	рН	O <sub>2</sub>		Головні іони, мг/дм <sup>3</sup>							
			(мг/дм <sup>3</sup> )	%нас	Ca	Mg	Na	K	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	ΣМ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Варіант 1. озеро Кагул – с. Нагірне, азимут 218 на південь від околиці селища, пост Державної Гідрометслужби ДСУзНС												
21.01.08	77.5	7.8	12	83	35.6	27.4	41.2	0.4	185	56.2	52.2	398
21.04.08	80.2	8.2	8.73	89	29.9	30.4	67.5	0	188	65.5	79.9	461
8.07.08	26.6	7.7	6.44	80	31.9	26.3	226	0	246	301	87.9	919
20.10.08	248	7.95	7.62	71	31.9	48.5	118	0	240	181	91.6	710
Варіант 2. озеро Ялпуг – м. Болград, в межах міста, пост Державної Гідрометслужби ДСУзНС												
23.01.08	41.2	7.85	13	90	53.6	75.8	180	2.6	253	311	194	1070
21.04.08	66.9	8.3	8.73	86	46.5	69.7	224	0	249	424	249	1262
20.07.08	29.2	8.5	6.92	85	47.5	46.9	332	0.6	276	472	183	1358
21.10.08	125	8.15	9.76	90	57.5	68.2	211	0.3	289	351	172	1149
Варіант 3. озеро Ялпуг – с. Коса, 1,6 км на північний захід від селища, пост Державної Гідрометслужби ДСУзНС												
16.01.08	43.2	7.95	11	74	44.1	63.6	128	0	245	226	135	841
21.04.08	69.8	8.4	8.43	83	39.4	65.8	117	0	232	311	231	996
20.07.08	28.8	8.75	7.82	96	41	43.3	210	21	246	271	154	986
21.10.08	138	8.15	10.7	93	50.1	53.5	208	0.4	283	301	153	1049
Варіант 4. озеро Кугурлуй – с. Нова Некрасівка, 2 км на півд. зх. від селища, пост Державної Гідрометслужби ДСУзНС												
23.01.08	63.8	7.6	11.3	78	46.5	37.6	44.8	0	213	84.2	69.4	495
18.04.08	45	8.1	8.73	86	39.4	64.8	19.8	0	169	113	169	575
20.07.08	31.5	7.85	7.52	93	22.9	24.6	98.2	0.4	167	121	87.9	522
21.10.08	106	7.8	9.15	84	41.8	40.9	174	0	223	271	110	860

Продовження табл. А.5

Біогенні речовини, мг/дм <sup>3</sup>						Показники забрудненості води, мг/дм <sup>3</sup>					Важкі метали, мг/дм <sup>3</sup>			
P <sub>min</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	Si	Fe	БО	БСК <sub>5</sub>	фен	н/пр	СПАР	Cu	Zn	Cr	Mn
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Варіант 1. озеро Кагул – с. Нагірне, азимут 218 на південь від околиці селища, пост Державної Гідрометслужби ДСУзНС														
0.048	0.018	0.29	0.29	3.76	-	17.2	2.39	0.001	0.02	0	0	0	0.007	0
0.05	0.008	0.17	0.01	2.99	-	33.5	4.82	0.003	0	0.03	0	0	0.008	0
0.036	0.008	0.13	0.18	3.35	-	15.9	4.14	0.006	0.01	0.05	0	0	0.029	0
0.079	0.008	0.16	0.35	5.16	-	106	3.51	0.001	0.04	0	0	0	0.005	0
Варіант 2. озеро Ялпуг – м. Болград, в межах міста, пост Державної Гідрометслужби ДСУзНС														
0.021	0.013	0.14	0.03	2.97	-	18.4	2.84	0.001	0	0	0	0	0.008	0
0.005	0.008	0.17	0.26	1.65	-	19.6	3.31	0.002	0	0	0	0	0.008	0
0.018	0.011	0.18	0.12	4.64	-	26.4	2.97	0.003	0.01	0.06	0	0	0.006	0
0.084	0.007	0.27	0.12	3.28	-	75.8	3.57	0	0	0.01	0	0	0.018	0
Варіант 3. озеро Ялпуг – с. Коса, 1,6 км на північний захід від селища, пост Державної Гідрометслужби ДСУзНС														
0.081	0.01	0.25	0.09	3.91	-	16.4	3.32	0.002	0	0.02	0	0	0.007	0
0.005	0.006	0.2	0.1	0.58	-	23.3	2.39	0.002	0	0	0	0	0.009	0
0.021	0.011	0.17	0.11	4.26	-	25.5	5.98	0.003	0.01	0.01	0	0	0.007	0
0.044	0.014	0.22	0.26	4.27	-	83.3	3.59	0.001	0	0.02	0	0	0.016	0
Варіант 4. озеро Кугурлуй – с. Нова Некрасівка, 2 км на півд. зх. від селища, пост Державної Гідрометслужби ДСУзНС														
0.036	0.019	0.14	0.03	4.34	-	17.2	2.22	0.003	0.01	0	0	0	0.012	0
0.04	0.01	0.17	0.06	1.86	-	23.3	3.01	0.001	0	0	0	0	0.006	0
0.029	0.012	0.18	0.11	4.94	-	16.4	2.96	0.003	0	0.09	0	0	0.006	0
0.013	0.009	0.11	0.26	4.28	-	68.2	3.26	0.002	0	0.02	0	0	0.011	0

Продовження табл. А.5

1		3		5	6	7	8	9	10	11	12	13
Варіант 5. озеро Катлабух – с. Кислиця, в межах селища, пост Державної Гідрометслужби ДСУзНС												
18.01.08	49.9	8.2	10	68	34.8	120	64.5	0	304	226	159	908
21.04.08	382	8.4	8.43	87	40.2	83.4	400	90	207	666	244	1730
16.07.08	103	7.7	7.46	85	46.7	79.6	362	0	344	482	294	1608
20.10.08	280	8.55	8.23	74	50.9	89	395	0.1	374	512	338	1759
Варіант 6. озеро Китай – с. Червоний Яр, в межах селища, пост Державної Гідрометслужби ДСУзНС												
10.01.08	105	8.05	13.7	92	81.5	157	530	0	216	953	525	2460
14.04.08	117	8.6	8.43	84	60.1	107	260	0.9	209	433	363	1433
16.07.08	49.5	7.85	6.88	75	122	244	187	2	295	601	590	2041
14.10.08	222	8.05	10.7	100	164	241	836	0	362	1689	770	4062
Варіант 7. озеро Сасик – с. Борисівка, правий берег, пост Державної Гідрометслужби ДСУзНС												
10.01.08	65	8.05	13.4	91	70.6	99.2	406	0	189	443	577	1784
10.04.08	377	8.2	8.12	75	75.2	74.3	401	0.5	191	424	518	1684
10.07.08	73.2	8.3	8.29	93	54.9	65.5	388	0	215	401	438	1562
9.10.08	260	8	10.7	106	111	111	562	0	319	897	501	2501
Варіант 8. р. Чага – м. Арциз, в межах міста, пост Державної Гідрометслужби ДСУзНС												
9.02.08	50.6	8.1	13.8	94	167	125	434	0	490	879	336	2431
14.04.08	107	8.6	8.73	78	79.2	134	531	21	325	860	521	2471
15.08.08	60	8.1	6.92	81	55	25.7	694	1.3	490	788	331	2385
22.11.08	134	8	6.7	62	46.7	19.7	234	0	509	79.8	117	1006

Продовження табл. А.5

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Варіант 5. озеро Катлабух – с. Кислиця, в межах селища, пост Державної Гідрометслужби ДСУзНС														
0.02	0.019	0.28	0.16	0.66	-	18.4	1.84	0.002	0	0.01	0	0	0.003	0
0.012	0.008	0.2	0.36	1.8	-	32.6	3.29	0.003	0.01	0.03	0	0	0.014	0
0.045	0.012	0.33	0.05	1.95	-	25.5	4.4	0.005	0	0	0	0	0.025	0
0.024	0.008	0.18	0.12	4.13	-	200	2.93	0.002	0.04	0.09	0	0	0.014	0
Варіант 6. озеро Китай – с. Червоний Яр, в межах селища, пост Державної Гідрометслужби ДСУзНС														
0.085	0.015	0.22	0.13	5.71	-	17.2	2.56	0.002	0	0.01	0	0	0.004	0
0.034	0.005	0.27	0.04	1.85	-	27	5.41	0.002	0	0.04	0	0	0.013	0
0.046	0.01	0.31	0.13	4.72	-	46.6	2.67	0.005			0	0	0.027	0
0.054	0.006	0.35	0.31	5.58	-	200	4.2	0.003	0.04	0.05	0	0	0.009	0
Варіант 7. озеро Сасик – с. Борисівка, правий берег, пост Державної Гідрометслужби ДСУзНС														
0.072	0.016	0.14	0.04	4.68	-	13.6	2.57	0.001	0.01	0	0	0	0.007	0
0.114	0.006	0.53	0	1.81	-	24.2	3.89	0.001	0	0	0	0	0.012	0
0.03	0.015	0.22	0.12	4.48	-	16.7	1.28	0.003	0	0.06	0	0	0.024	0
0.293	0.034	1.8	0.11	2.66	-	170	4.49	0.003	0.04	0.02	0	0	0.018	0
Варіант 8. р. Чага – м. Арциз, в межах міста, пост Державної Гідрометслужби ДСУзНС														
0.102	0.049	5.46	0.21	1.04	-	23.2	10.0	0.002	0.01	0.05	0	0	0.006	0
0.109	0.023	0.54	0.13	0.62	-	27.9	4.22	0.003	0.01	0.07	0	0	0.006	0
0.105	0.075	1.8	0.62	3.27	-	12.1	3.58	0.004	0.32	0.04	0	0	0.026	0
0.168	0.013	0.5	0.19	3.77	-	20.5	2.24	0.003	0	0.06	0	0	0.009	0

## ДОДАТОК Б

Зразок титульного листа до курсового проекту

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

Наказ Міністерства освіти і науки,  
молоді та спорту України

29 березня 2012 року № 384

**Форма № Н-6.01**

ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА ГІДРОЕКОЛОГІЇ ТА ВОДНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

з дисципліни «Гідрометрія та гідрохімія»

на тему: РОЗРАХУНОК ТОПОГРАФІЧНИХ ТА МОРФОМЕТРИЧНИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОСХОВИЩА І ЗМІНИ ЯКОСТІ ВОДИ В  
НЬОМУ

Студента III курсу ПОФ, група ЕГ-33  
напрямок підготовки: 6.040106 «Екологія,  
охорона навколишнього середовища та  
збалансоване природокористування»  
спеціальність: 7(8).04010602 «Прикладна  
екологія та збалансоване  
природокористування»  
спеціалізація: «Гідроекологія»

Іванова І.І.

Керівник проекту: ст. викл. Яров Я.С.

Національна шкала \_\_\_\_\_

Кількість балів: \_\_\_\_\_

Оцінка: ECTS \_\_\_\_\_

Члени комісії: Лобода Н.С. \_\_\_\_\_

Захарова М.В. \_\_\_\_\_

Даус М.Є. \_\_\_\_\_

м. Одеса – 20\_\_

## **План курсового проекту**

### **ВСТУП**

#### **1. ТОПОГРАФІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОСХОВИЩА**

1.1 Визначення площі дзеркала водосховища

1.2 Визначення об'єму водосховища

1.3 Визначення середньої глибини водосховища при різних відмітках наповнення

1.4 Побудова кривих залежності площі дзеркала, об'єму водосховища та середньої глибини від горизонту води в водосховищі

1.5 Побудова схематичного поздовжнього профілю водосховища

#### **2. МОРФОМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОСХОВИЩА**

2.1 Побудова профілів поперечного перерізу

2.2 Обчислення морфометричних характеристик

#### **3. ПАРАМЕТРИ ЯКОСТІ ВОДИ ВОДОСХОВИЩА ТА ЇХ ВИЗНАЧЕННЯ**

3.1 Основні риси гідрохімічного режиму водосховищ

3.2 Основні вимоги до якості води водосховища при його комплексному використанні

3.3 Розрахункова методика прогнозу змін гідрохімічного режиму водосховища

3.4 Аналіз результатів прогнозу гідрохімічного режиму водосховища

#### **4. ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ ЗА ГІДРОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ**

4.1 Загальна оцінка впливу спорудження водосховища на довкілля

4.2 Оцінка за величиною індексу забруднення води (ІЗВ)

4.3 Оцінка за комбінаторним індексом забруднення (КІЗ)

4.4 Оцінка за методикою НДІ гігієни ім. Ф.Ф. Ерисмана

4.5 Екологічна оцінка якості води за відповідними категоріями

4.6 Оцінка якості води для зрошення

### **ВИСНОВКИ**

### **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

ДОДАТОК А

ДОДАТОК Б

ДОДАТОК В

ДОДАТОК Г

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО НАПИСАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ  
« РОЗРАХУНОК ТОПОГРАФІЧНИХ ТА МОРФОМЕТРИЧНИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОСХОВИЩА І ЗМІНИ ЯКОСТІ ВОДИ  
В НЬОМУ »  
З ДИСЦИПЛІНИ  
«ГІДРОМЕТРІЯ ТА ГІДРОХІМІЯ»

ДЛЯ СТУДЕНТІВ ІІІ КУРСУ ПРИРОДООХОРОННОГО ФАКУЛЬТЕТУ

Укладач: Яров Я.С., ст. викл.

Підп. до друку  
Умовн. друк. арк.

Формат  
Тираж

Папір  
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

---

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

---

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РОЗРАХУНОК ТОПОГРАФІЧНИХ ТА МОРФОМЕТРИЧНИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОСХОВИЩА І ЗМІНИ ЯКОСТІ ВОДИ В  
НЬОМУ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового проекту  
з дисципліни «ГІДРОМЕТРІЯ ТА ГІДРОХІМІЯ»

для студентів III курсу природоохоронного факультету  
Напрямок – 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та  
збалансоване природокористування»  
Спеціальність - 7(8).04010602 «Прикладна екологія та збалансоване  
природокористування»  
Спеціалізація - Гідроекологія

«Затверджено»  
на засіданні методичної комісії  
природоохоронного факультету  
Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_ . \_\_\_\_ 2014 р.  
Голова комісії \_\_\_\_\_  
(підпис)

«Затверджено»  
на засіданні кафедри гідроекології  
і водних досліджень  
Протокол № 9 від 13.05 2014р.  
Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)