

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ  
УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ЗБІРНИК  
МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК**

до практичних робіт з дисципліни  
**«ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА»**

Одеса – 2012

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК  
МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК  
до практичних робіт  
з дисципліни  
**«Гідроекологічні основи водного господарства»**

для студентів IV курсу природоохоронного факультету  
Напрямок: водні біоресурси і аквакультура

«Затверджено»  
на засіданні методичної комісії  
природоохоронного факультету  
Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_ \_\_\_\_\_ 2011 р.

**Гідроекологічні основи водного господарства.** Збірник методичних вказівок до виконання практичних робіт з дисципліни «Гідроекологічні основи водного господарства». /Захарова М.В., Катинська І.В./ – Одеса, ОДЕКУ, 2012. – 71 с.

Методичні вказівки призначені для студентів IV курсу денної форми навчання за напрямом «Водні біоресурси і аквакультура».

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА .....	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1 .....	5
«ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВОДОПОСТАЧАННЯ»	
Завдання № 1.1 Розрахунки демографічної місткості території .....	5
Завдання № 1.2 Врахування загальних потреб до складу та властивостей води водойм призначених для господарсько-питного використання .....	6
Завдання № 1.3 Визначення розрахункових витрат води окремими категоріями споживачів .....	8
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2 .....	20
«ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВОДОВІДВЕДЕННЯ»	
Завдання № 2.1 Визначення розрахункових витрат стічних вод .....	20
Завдання № 2.2 Розрахунок режиму роботи ставків-накопичувачів .....	24
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3 .....	28
«ВОДОКОРИСТУВАННЯ І ЯКІСТЬ ВОДИ»	
Завдання № 3.1 Визначення показників самоочищення .....	28
Завдання № 3.2 Визначення ефективності очищення стічних вод .....	30
Завдання № 3.3 Інтегральні показники оцінки якості води водойм .....	32
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4 .....	40
«ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПРИРОДНИХ ДЖЕРЕЛ ВОДИ»	
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5 .....	47
«ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ ВОДОГОСПОДАРСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ І СИСТЕМ»	
ДОДАТОК .....	52
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА .....	70

## ПЕРЕДМОВА

Навчальна дисципліна «Гідроекологічні основи водного господарства» належить до циклу професійної та практичної підготовки, для напряму «Водні біоресурси і аквакультура» шифр 6.090201.

Метою дисципліни «Гідроекологічні основи водного господарства» є розвиток у студентів на досвіді проектування та експлуатації водогосподарських споруд, який сформувався у процесі багаторічної водогосподарської діяльності, цілісного уявлення про низку негативних явищ, які необхідно передбачити і виключити з систем водопостачання та водовідведення.

В результаті вивчення дисципліни «Гідроекологічні основи водного господарства» студенти повинні знати види господарської діяльності на річках та водоймах, загальні питання водопостачання та водовідведення для промислового, питного, комунально-побутового господарств, сутність процесів розведення та самоочищення стічних вод, основні потреби в кількості та якості води для різних галузей водного господарства.

Після вивчення дисципліни студенти повинні вміти виконувати розрахунки витрат води для потреб водопостачання, витрат стічних вод від систем водовідведення, визначати наявність забруднювальних речовин у воді водойм різного цільового призначення та придатність вод водойм для різних видів господарської діяльності.

Ця методична розробка є допоміжним матеріалом для виконання студентами практичних робіт і складається з 5 тем. Кожна робота містить загальні теоретичні пояснення суттєвих положень даної теми, практичну частину, в якій наведено завдання та вхідну інформацію по варіантах в додатку. На останній сторінці методичних вказівок наведений перелік рекомендованої літератури.

Контроль поточних знань виконується на базі модульної системи контролю. В якості форми поточного контролю використовується усне опитування при захисті виконаних практичних робіт. Кожна практична робота оцінюється в 5 балів. Максимальна кількість балів за практичну частину курсу становить 50 балів, з них на перший практичний модуль припадає 25 балів, на другий практичний модуль – 25 балів, до якого входить підготовка та захист реферату.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1 «ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВОДОПОСТАЧАННЯ»

### Завдання № 1.1 Розрахунки демографічної місткості території

Задоволення потреб населення, промисловості та сільського господарства в необхідній кількості та задовільній якості води завжди було важким завданням для людства. Це завдання ще більш ускладнилося в період науково-технічного прогресу, хімізації сільського господарства, зростання чисельності населення, збільшення об'ємів виробництва.

Кількість води, яка йде на задоволення господарсько-питних потреб людей, визначається в залежності від виду та об'ємів виробництва та ін. В табл. 1.1 наведені показники водоспоживання в середніх та великих містах колишнього СРСР. В північних районах країни, а точніше в зоні надлишкового зволоження, норми водоспоживання на 5-10% менші, а в зоні недостатнього зволоження, навпаки, на 5-10% більші.

Таблиця 1.1 – Узагальнені показники водопостачання в містах України, л/д на 1 людину

Район (кліматична зона)	Роки		
	1985	1990	2000
Територія України	420-450	460-520	480-560
Середня Азія, Казахстан	650-760	680-760	600-710
Молдова	460-530	530-600	520-610

Менші цифри в табл. 1.1 належать до міст з не дуже розвиненою промисловістю, а більші – з розвиненою.

В середньому в містах на частку промисловості припадає 30-40%, а інколи 60-70% загального водопостачання.

З наявними водними ресурсами пов'язано таке поняття, як **демографічна місткість території**. При цьому слід мати на увазі, що окрім забезпечення потреб населення та промисловості, вода необхідна для організації відпочинку населення (спорт, туризм та ін.), а головне, для розведення та очищення стічних вод. Крім того, з екологічних міркувань, не рекомендується використовувати стік дуже маленьких водотоків з середньою багаторічною витратою води 0,3-0,5 м<sup>3</sup>/с та менше.

З урахуванням відзначеного, демографічна місткість території по поверхневих водах становить

$$E = \frac{Q_{np} \cdot R \cdot 1000}{Q_{num}}, \quad (1.1)$$

де  $E$  – демографічна місткість території, чол.;

$Q_{np}$  – сумарний приплив річкових вод на межі території, що розглядається, м<sup>3</sup>/д (додаток, табл. 1);

$Q_{num}$  – нормативна водозабезпеченість 1 тис. мешканців, м<sup>3</sup>/д (в північних районах 1000 м<sup>3</sup>/д, в південних – 2000 м<sup>3</sup>/д);

$R$  – оптимальна кратність розведення (в північних районах  $R=0,1$ , в південних –  $R=0,25$ ).

Вираз (1.1) придатний при орієнтовних оцінках для невеликих територій. У разі більш детальних оцінок уточнюється питання про необхідну кратність розведення, можливість регулювання стоку водосховищами та ін.

## **Завдання № 1.2 Врахування загальних потреб до складу та властивостей води водойм призначених для господарсько-питного використання**

Для водопостачання питання про якість води має не менше значення, ніж питання про кількість. **Якість природної води** характеризується сукупністю фізичних, хімічних та біологічних показників.

**Фізичні показники** включають температуру, прозорість, кольоровість, мутність. **Хімічні показники** більш різноманітні і складають п'ять груп: головні іони, розчинені гази, біогенні речовини, органічні речовини, мікроелементи.

Серед численних **мікробіологічних показників** найчастіше всього використовується мікробне число (загальну кількість мікроорганізмів в 1 см<sup>3</sup> води) та Колі-індекс (кількість кишкових паличок в 1 дм<sup>3</sup> води).

Критерії якості води як природного ресурсу не можуть бути єдиними. Все залежить від виду використання: господарсько-питного водопостачання, промислового водопостачання, забезпечення рибного господарства та ін. Звідси можна зробити висновок, що самі потреби можуть бути екологічними, гігієнічними, естетичними та ін.

Для деяких груп водокористувачів є тверді правила, що вважати гранично допустимою концентрацією (ГДК) тієї або іншої речовини в природній воді. До таких слід віднести:

- водні об'єкти, які є джерелом централізованого або нецентралізованого господарсько-питного водопостачання та водопостачання підприємств харчової промисловості;
- водні об'єкти, які використовуються для відпочинку населення

(водойми в межах населених пунктів незалежно від їх цільового призначення);

– рибогосподарські водні об'єкти, що підрозділяються на дві категорії: водні об'єкти, що використовуються для збереження і відтворення цінних видів риби, які дуже чутливі до вмісту кисню в воді; інші рибогосподарські водні об'єкти.

Для кожної вказаної групи водокористувачів сформовані загальні потреби до складу та якості води. Існує також перелік чисельних значень ГДК (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в природній воді для господарсько-побутового використання, мг/дм<sup>3</sup>

№ п/п	Речовини	Клас небезпеки	Ознака, що лімітує шкідливість (ЛОШ)	ГДК, мг/дм <sup>3</sup>
1	Аміак (за азотом)	3	Санітарно-токсикологічна	2,0
2	Анілін	2	Санітарно-токсикологічна	0,1
3	Бензол	2	Санітарно-токсикологічна	0,5
4	Залізо загальне	3	Органолептична	0,3
5	Натрій	2	Санітарно-токсикологічна	200
6	Нафтопродукти	4	Органолептична	0,1
7	Нікель	3	Санітарно-токсикологічна	0,1
8	Нітрати (за азотом)	3	Санітарно-токсикологічна	10,0
9	Нітриди (за азотом)	2	Санітарно-токсикологічна	1,0
10	Свинець	2	Санітарно-токсикологічна	0,03
11	Сульфати	4	Органолептична	500
12	Феноли	4	Органолептична	0,001
13	Хлориди	4	Органолептична	350
14	Хром (6+)	3	Санітарно-токсикологічна	0,05
15	Цинк	3	Загальносанітарна	1,0

Кожна ГДК належить до однієї із трьох ознак, що лімітують шкідливість (ЛОШ): **органолептичні** (які сприймаються безпосередньо органами почуттів людини), **загальносанітарні** та **санітарно-токсикологічні**. Дві останніх ознаки шкідливості визначаються в лабораторних умовах. Для господарсько-питного водопостачання та культурно-побутового використання ГДК однакові.



Взагалі на сьогодні визначено близько 1000 ГДК господарсько-питного та культурно-побутового призначення та більш 250 рибогосподарських ГДК. Якщо на даному водному об'єкті є декілька водокористувачів з різними потребами, то необхідно виходити з більш жорстких потреб до ГДК.

*ГДК* – це така концентрація, яка при більш-менш тривалому впливу на організм людини або риби не призводить до патологічних змін та не викликає захворювань. Зазвичай на організм людини або риби впливає не кожна речовина окремо, а їх сукупність.

Оцінка якості води виконується методом зіставлення значень показників якості води (вимірних або розрахованих) з нормативами.

Якщо показники не мають ефекту спільної дії, то їх значення (кожного окремо) мають бути не більше за норматив

$$C_n \leq \text{ГДК}_n, \quad (1.2)$$

Якщо показники якості води мають ефект спільної дії (тобто адитивності), то вони об'єднуються у групи і для кожної з груп показник  $\psi$  має бути не більше 1

$$\psi = \sum_1^n C_n / \text{ГДК}_n \leq 1,0, \quad (1.3)$$

де  $n$  – кількість речовин у групі ЛОШ;

$C_n$  – концентрація  $n$ -ої речовини, що належить до певної групи ЛОШ, мг/дм<sup>3</sup>.

За санітарними нормами у групи спільної дії об'єднуються показники, нормовані з ЛОШ 1 і 2 класу небезпеки (у формулі (1.3)  $n$  – кількість показників з однаковими ЛОШ 1 і 2 класу небезпеки). Решта показників, нормованих без ЛОШ або з ЛОШ, але 3 і 4 класу небезпеки, не мають ефекту спільної дії.

Якщо вимоги норм не виконуються хоча б по одному з показників, то водний об'єкт або його ділянка вважаються забрудненими.

### **Завдання № 1.3 Визначення розрахункових витрат води окремими категоріями споживачів**

При проектуванні систем водопостачання необхідно знати кількість води, яка має бути подана водопроводом, види і кількість водоспоживачів з урахуванням перспективного плану розвитку об'єкта, розрахункові норми споживання води кожним видом споживача та режим споживання води протягом доби.

**Норма водоспоживання** – це кількість води, що витрачається на певні потреби за одиницю часу або на одиницю продукції, що виробляється. В населених пунктах норми господарсько-питного водоспоживання призначаються на підставі вивчення фактичного об'єму та режиму водоспоживання в аналогічних умовах або, якщо це неможливо, то за СНіП 2.04.02-84.

Середньодобові норми господарсько-питного водоспоживання в населених пунктах на одного мешканця (за рік) при забудові будинками, обладнаними внутрішнім водопроводом та каналізацією, такі: без ванн – 125-160 л/д; з ваннами і місцевими водонагрівачами – 160-230 л/д; з централізованим гарячим водопостачанням – 230-350 л/д. В населених пунктах, де водокористування здійснюється за допомогою водорозбірних колонок, питомі витрати дорівнюють 30-50 л/д.

Питомі витрати води на промислові потреби підприємств залежать від типу продукції, що випускається, прийнятої технології, встановленого обладнання. Ці дані визначаються за технологічними паспортами підприємств. Для орієнтовних підрахунків витрат води на підприємствах користуються нормами споживання води на одиницю продукції. Так, наприклад, на молочних заводах на переробку 1 т молока необхідно 7,5-12 м<sup>3</sup> води, на хлібозаводах – 1,8-4,8 м<sup>3</sup> води на 1 т хліба, на м'ясокомбінатах – 10-40 м<sup>3</sup> води на 1 т продукції, на цукрозаводах – 18-25 м<sup>3</sup> води на 1 т цукру, на цегельних заводах – 1,3-1,8 м<sup>3</sup> води на 1 тис. штук цеглин. Крім виробничих на промислових підприємствах, необхідно враховувати витрати води на господарсько-питні потреби та побутові витрати води. Господарсько-питні потреби води визначаються за нормою: 45 л за зміну на одну людину в цехах з тепловиділенням більше 23,2 Вт/м<sup>3</sup>; 25 л – в інших цехах. Витрати враховуються наприкінці робочої зміни з розрахунку 500 л/год на одну душову сітку протягом 45 хв.

Питомі витрати води на полив залежать від природних та місцевих умов і становлять: для механізованого миття проїздів та майданів з поліпшеним покриттям – 1,2-1,5 л/м<sup>2</sup> на один полив; механізованого поливу перелічених проїздів та майданів – 0,3-0,4 л/м<sup>2</sup> на один полив; полив зі шлангів проїздів – 0,4-0,5 л/м<sup>2</sup>; полив газонів, квітників – 4-6 л/м<sup>2</sup> на один полив; полив зелених насаджень і присадибних ділянок – 3-4 л/м<sup>2</sup> на добу.

Крім регулярного забезпечення господарсько-питних і виробничих потреб система водопостачання у разі необхідності повинна подавати воду на гасіння пожеж. Витрати води на гасіння пожеж необхідні тільки при їх виникненні, і тому враховуються лише під час перевірочних розрахунків водопровідної мережі та при визначенні об'єму запасних ємностей (водонапірної вежі, протипожежних резервуарів).

Витрати води на зовнішнє гасіння пожежі в населених пунктах та розрахункова кількість пожеж наведені у табл. 1.3 та табл. 1.4.

Таблиця 1.3 – Витрати води на зовнішнє гасіння пожеж у населених пунктах

№ п/п	Кількість мешканців у населеному пункті $N$ , тис. чол.	Розрахункова кількість одночасних пожеж $n$	Витрати води на зовнішнє гасіння пожеж $q_{пож}$ , л/с при забудові будинками	
			до двох поверхів	три поверхи і більше
1	< 1	1	5	10
2	1-5	1	10	10
3	5-10	1	10	15
4	10-25	2	10	15
5	25-50	2	20	25
6	50-100	2	25	35
7	100-1000	3	-	40-100

Таблиця 1.4 – Витрати води на зовнішнє гасіння пожеж промислових будівель

№ п/п	Ступінь вогне-стійкості	Категорія приміщень за пожежною безпекою	Витрати води на зовнішнє пожежогасіння промислових будівель з ліхтарями, а також без ліхтарів (до 60 м на одну пожежу $q_{пож}$ , л/с), при об'ємах будівель, тис. м <sup>3</sup>						
			< 3	> 3 < 5	> 5 < 20	> 20 < 50	> 50 < 200	> 200 < 400	> 400 < 600
1	I і II	Г, Д	10	10	10	10	15	20	25
2	I і II	А, Б, В	10	10	15	20	30	35	40
3	III	Г, Д	10	10	15	25	35	-	-
4	III	В	10	15	20	30	40	-	-
5	IV і V	Г, Д	10	15	20	30	-	-	-
6	IV і V	В	15	20	25	40	-	-	-

До розрахункової кількості одночасних пожеж включені пожежі на промислових підприємствах, які розташовані в межах населених пунктів. Додатково до витрат води на зовнішнє гасіння пожеж слід враховувати витрати води на внутрішнє гасіння пожежі в житлових, громадських та виробничих будинках, які обладнані внутрішніми пожежними системами. Перелік таких будинків і нормативні витрати води на внутрішнє гасіння пожеж наведені в СНіП 2.04.01-85 та СНіП 2.04.02-84.

Розрахункова тривалість гасіння пожежі дорівнює 3 год. Подача розрахункових витрат води на гасіння пожеж повинна бути забезпечена

при найбільших погодинних витратах води на інші потреби. При цьому витрати води на полив, душові, миття підлоги і технологічного обладнання підприємств не враховуються.

### 1.3.1 Витрати води на господарсько-питні потреби міського населення.

Режим господарсько-питного водоспоживання протягом доби, місяця, року в населених пунктах не буває рівномірним і залежить від багатьох чинників (режиму життя і трудової діяльності людини, пори року, місцевих умов тощо). Зазвичай припускається, що протягом року коливання водоспоживання відбувається за літнім і зимовим графіками. В розрахунках ці коливання оцінюються коефіцієнтом добової нерівномірності: найбільшим  $K_{доб.мах} = 1,3$ ; найменшим –  $K_{доб.мін} = 0,7$ .

Протягом доби погодинні витрати мають значне коливання, яке враховується коефіцієнтом погодинної нерівномірності

$$\text{найбільшим } K_{год.мах} = \alpha_{мах} \cdot \beta_{мах}; \quad (1.4)$$

$$\text{найменшим } K_{год.мін} = \alpha_{мін} \cdot \beta_{мін}, \quad (1.5)$$

де  $\alpha_{мах} = 1,2-1,4$  та  $\alpha_{мін} = 0,4-0,6$  – коефіцієнти, які враховують ступінь благоустрою будинків, режим роботи підприємств та інші місцеві умови за СНіП 2.04.02-84;

$\beta$  – коефіцієнт, який враховує чисельність мешканців у населеному пункті (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 – Значення коефіцієнта  $\beta$

Коефіцієнт	Чисельність мешканців $N$ , тис. чол.										
	<0,1	0,2	0,5	1	4	10	20	50	100	300	1000>
$\beta_{мах}$	4,5	3,5	2,5	2	1,5	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1
$\beta_{мін}$	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,85	1

В залежності від значення  $K_{год.мах}$  береться типовий графік розподілу добових витрат за годинами доби.

Протягом години в розрахунках передбачається рівномірне водоспоживання. Година, на яку припадає найбільше значення погодинної витрати води всього населеного пункту, є годиною найбільшого водоспоживання, а витрати води кожного споживача за цю годину приймаються за розрахункові.

При визначенні витрат води на господарсько-питні потреби населення міст необхідно встановити його кількість за відношенням

$$N = F \cdot P, \quad (1.6)$$

де  $N$  – чисельність населення, чол.;

$F$  – площа частини міста, га;

$P$  – густина населення, чол./га.

Площа тієї або іншої частини міста визначається після ретельного вивчення характеру планування міст.

Максимальна добова витрата води населенням міст визначається за формулою

$$Q_{доб.маx} = \frac{q_{доб.маx} \cdot N}{10^3}, \quad (1.7)$$

де  $Q_{доб.маx}$  – найбільша добова витрата води населенням на господарсько-питні потреби, м<sup>3</sup>/д;

$q_{доб.маx}$  – норма максимального добового водоспоживання, л/д на 1 людину (табл. 1.6);

$N$  – розрахункова чисельність мешканців, чол.

Таблиця 1.6 – Питоме середньодобове (за рік) водоспоживання на господарсько-питні потреби населення

№ п/п	Ступінь благоустрою районів житлової забудови	Питоме середньодобове господарсько-питне водоспоживання в населених пунктах на одного мешканця (за рік) $q$ , л/д
1	Забудова будинками, обладнаними внутрішнім водопроводом і каналізацією: без ванн	125-160
2	з ваннами і місцевими водонагрівачами	160-230
3	з централізованим гарячим водопостачанням	230-350

**Примітка:** Найбільше значення належить до південних районів, найменше – до північних.

Середня погодинна витрата води визначається за формулою

$$Q_{год.мид} = \frac{Q_{доб.маx}}{24}, \quad (1.8)$$

де  $Q_{год.мид}$  – середня погодинна витрата води населенням на господарсько-питні потреби, м<sup>3</sup>/год.

Максимальна погодинна витрата води визначається за формулою

$$Q_{год.маx} = \frac{0,0417 \cdot N \cdot q_{доб.маx} \cdot K_{год.маx}}{10^3}, \quad (1.9)$$

де  $Q_{год.маx}$  – найбільша погодинна витрата води населенням на господарсько-питні потреби, м<sup>3</sup>/год;

$K_{год.маx}$  – коефіцієнт погодинної нерівномірності, що визначається за формулою (1.4).

Максимальна секундна витрата води

$$Q_{с.маx} = \frac{Q_{год.маx}}{3,6}, \quad (1.10)$$

де  $Q_{с.маx}$  – найбільша секундна витрата води, л/с.

### **1.3.2 Витрати води на комунальні потреби міст.**

#### ***Визначення витрат води на полив вулиць і майданів***

Максимальна добова витрата води на полив вулиць і майданів визначається за виразом

$$Q_{доб.маx} = \frac{F_v \cdot q_v \cdot n \cdot 0,1}{10^3}, \quad (1.11)$$

де  $Q_{доб.маx}$  – максимальна добова витрата води на полив вулиць і майданів, м<sup>3</sup>/д;

$F_v$  – площа вулиць і майданів, м<sup>2</sup>;

$q_v$  – норма витрати води на полив, яка береться в залежності від типу покриття, виду поливу та інших умов, л/м<sup>2</sup>. Для механізованого поливу удосконалених покриттів вулиць і майданів  $q_v=0,3-0,4$  л/м<sup>2</sup>;

$n$  – число поливів, береться 1-2 в залежності від режиму поливу;

0,1 – поливається 10% від усїєї площі.

Середня погодинна витрата води обчислюється за формулою

$$Q_{год.мид} = \frac{Q_{доб.мак}}{24}, \quad (1.12)$$

де  $Q_{год.мид}$  – середня погодинна витрата води населенням на полив вулиць і майданів, м<sup>3</sup>/год.

Максимальна погодинна витрата води визначається за формулою

$$Q_{год.мак} = \frac{0,0417 \cdot F \cdot K_{год} \cdot q_в \cdot n \cdot 0,1}{10^3}, \quad (1.13)$$

де  $Q_{год.мак}$  – найбільша погодинна витрата води населенням на полив вулиць і майданів, м<sup>3</sup>/год;

$K_{год}$  – коефіцієнт погодинної нерівномірності витрати води на полив (для середніх міст  $K_{год}=4$ ).

Максимальна секундна витрата води визначається за формулою (1.10).

***Визначення витрат води на полив зелених насаджень***

Максимальна добова витрата води визначається за формулою

$$Q_{доб.мак} = \frac{F_з \cdot q_з \cdot n \cdot 0,15}{10^3}, \quad (1.14)$$

де  $Q_{доб.мак}$  – максимальна добова витрата води на полив зелених насаджень, м<sup>3</sup>/д;

$F_з$  – площа зелених насаджень, м<sup>2</sup>;

$q_з$  – норма витрати води на полив, л/м<sup>2</sup>, ( $q_з=3,0-4,0$  л/м<sup>2</sup>);

$n$  – число поливів за добу, приймається 1-2.

0,15 – поливається 15% від усієї площі.

Середня погодинна витрата води обчислюється за формулою

$$Q_{год.мид} = \frac{Q_{доб.мак}}{24}, \quad (1.15)$$

де  $Q_{год.мид}$  – середня погодинна витрата води населенням на полив зелених насаджень, м<sup>3</sup>/год.

Максимальна погодинна витрата води визначається за формулою

$$Q_{год.мак} = \frac{0,0417 \cdot F_з \cdot K_{год} \cdot q_з \cdot n \cdot 0,15}{10^3}, \quad (1.16)$$

де  $Q_{год.маx}$  – найбільша погодинна витрата води населенням на полив зелених насаджень, м<sup>3</sup>/Год;

$K_{год}$  – коефіцієнт погодинної нерівномірності витрати води на полив (для середніх міст  $K_{год}=4$ ).

Максимальна секундна витрата води визначається за формулою (1.10).

### 1.3.3 Витрати води для промислових підприємств.

Витрати води для промислових підприємств складаються з витрат води на господарсько-питні й комунальні потреби, витрат води на душ і витрат води на виробничі потреби.

#### *Визначення витрат води на господарсько-питні потреби підприємств*

Середня погодинна витрата води визначається згідно з формулою

$$Q_{год.mid} = \frac{0,045 \cdot n_г + 0,025 \cdot n_х}{24}, \quad (1.17)$$

де  $Q_{год.mid}$  – середня погодинна витрата води на господарсько-питні потреби підприємства, м<sup>3</sup>/год;

0,045 і 0,025 – відповідно норми водоспоживання на 1 робітника в гарячих і холодних цехах;

$n_г$  і  $n_х$  – відповідно кількість працюючих на підприємстві в гарячих і холодних цехах.

Розрахункові максимальна погодинна і секундна витрати води в розрізі доби повинні прийматися за зміною, в якій працює найбільша кількість робітників, тобто в 1-шу або максимальну зміну.

Максимальна погодинна витрата визначається за виразом

$$Q_{год.маx} = \frac{0,045 \cdot n_г \cdot K_г + 0,025 \cdot n_х \cdot K_х}{t_{зм}}, \quad (1.18)$$

де  $Q_{год.маx}$  – максимальна погодинна витрата води на господарсько-питні потреби підприємства, м<sup>3</sup>/год;

$K_г$  і  $K_х$  – коефіцієнти погодинної нерівномірності відповідно в гарячих і холодних цехах –  $K_г=2,5$ ,  $K_х=3$ ;

$t_{зм}$  – тривалість робочої зміни, год, ( $t_{зм}=8$  год).

Максимальна секундна витрата води визначається за формулою (1.10).

#### *Визначення побутових витрат води на підприємствах*

Кількість працюючих, які користуються душем, встановлюється для



кожного підприємства з дотриманням санітарних норм проектування промислових підприємств (табл. 1.7).

За нормами користування, душ приймають протягом 45 хв після закінчення кожної зміни, при цьому максимальна погодинна витрата води на душ становить

$$Q_{год.маx} = \frac{Q_{зм}}{0,75}, \quad (1.19)$$

де  $Q_{год.маx}$  – найбільша погодинна витрата води на душ, м<sup>3</sup>/год;

$Q_{зм} = (0,06 \cdot n_2 + 0,04 \cdot n_x)$  – об'єми води на душ за зміну у гарячих і холодних цехах, м<sup>3</sup>;

0,06 і 0,04 – відповідно норми витрат на один душ у гарячих і холодних цехах.

Максимальна секундна витрата води визначається за формулою (1.10).

Таблиця 1.7 – Кількість робітників, які обслуговуються однією душовою сіткою

№ п/п	Групи виробничих процесів	Санітарні характеристики виробничих процесів	Кількість робітників на 1 душову сітку
1	I	Не викликає забруднення одягу і рук	25
2		Викликає забруднення одягу і рук	15
3	II	З застосуванням води	5
4		З виділенням великої кількості пилу або особливо забруднювальних речовин	3

### **Визначення витрат води на виробничі потреби підприємств**

Витрата води на виробничі потреби підприємства повинна визначатися за даними технологів.

Максимальна добова витрата води підприємств на виробничі потреби становить

$$Q_{доб.маx} = П \cdot q_{нит}, \quad (1.20)$$

де  $Q_{доб.маx}$  – найбільша добова витрата води на підприємстві на виробничі потреби, м<sup>3</sup>/д;

$П$  – добова продукція підприємства (додаток, табл. 4);

$q_{нит}$  – середня питома витрата води на виробництво одиниці продукції, м<sup>3</sup> (додаток, табл. 4).

За відсутності даних про витрати води на виробничі потреби окремими змінами споживання води береться однаковим протягом усього часу роботи підприємства.

Максимальна погодинна витрата води при цьому дорівнює

$$Q_{год. max} = \frac{Q_{доб. max}}{t}, \quad (1.21)$$

де  $Q_{год. max}$  – найбільша погодинна витрата води на виробничі потреби, м<sup>3</sup>/год;

$t$  – тривалість роботи підприємства в розрізі доби, год.

Максимальна секундна витрата води на виробничі потреби обчислюється за формулою (1.10).

#### 1.3.4 Витрати води на пожежогасіння.

Розрахункові витрати води на зовнішнє пожежогасіння залежать від розмірів населених пунктів, поверховості будинків і ступеня їхньої вогнестійкості, категорій виробництв та ін. чинників.

Максимальна секундна витрата води на гасіння пожеж визначається за формулою

$$Q_{пож. max} = q_{пож} \cdot n + q'_{пож}, \quad (1.22)$$

де  $Q_{пож. max}$  – максимальна секундна витрата води на гасіння пожеж, л/с;

$q_{пож}$  – розрахункова витрата води на пожежогасіння 1 зовнішньої пожежі, л/с, (визначається за табл. 1.3 для населеного пункту або табл. 1.4 для промислового підприємства);

$q'_{пож}$  – розрахункова витрата води на внутрішнє пожежогасіння, л/с;

$n$  – кількість пожеж (табл. 1.3).

Виходячи з розрахункової тривалості пожежі  $t_n=3$  год, повну витрату води на гасіння пожежі можна визначити за формулою

$$Q'_{пож} = 10,8(q_{пож} \cdot 2 + q'_{пож}), \quad (1.23)$$

де  $Q'_{пож}$  – повний об'єм води на гасіння пожежі окремо для населеного пункту  $Q_{пож}^{НП}$  та для промислового підприємства  $Q_{пож}^{ПП}$ , м<sup>3</sup>.

Повний об'єм води на гасіння пожежі за 3 год складається з суми витрат води на пожежогасіння для населеного пункту та для промислового

підприємства

$$Q_{\text{пож}} = Q_{\text{пож}}^{\text{НП}} + 0,5Q_{\text{пож}}^{\text{ПП}}, \quad (1.24)$$

де  $Q_{\text{пож}}$  – повний об'єм води на пожежогасіння, м<sup>3</sup>;

$Q_{\text{пож}}^{\text{НП}}$  і  $Q_{\text{пож}}^{\text{ПП}}$  – відповідно витрати води на гасіння пожеж для населеного пункту та для промислового підприємства, м<sup>3</sup>.

Витрата води на пожежогасіння за 1 годину:

$$Q_{\text{год.пож}} = \frac{Q_{\text{пож}}}{3}, \quad (1.25)$$

де  $Q_{\text{год.пож}}$  – витрата води на пожежогасіння за 1 год, м<sup>3</sup>/год;

$Q_{\text{пож}}$  – повна витрата води на пожежогасіння, м<sup>3</sup>.

Секундна витрата води на пожежогасіння:

$$Q_{\text{с.пож}} = \frac{Q_{\text{год.пож}}}{3,6}, \quad (1.26)$$

де  $Q_{\text{с.пож}}$  – найбільша секундна витрата на гасіння пожеж, л/с.

### **Контрольні питання**

1. Які системи водопостачання Ви знаєте?
2. Роз'ясніть зміст поняття «демографічна місткість території».
3. Які групи показників формують поняття «якість води»?
4. Які основні групи водокористувачів Ви знаєте?
5. Що називається гранично допустимою концентрацією?
6. Що називається нормою водоспоживання?
7. Які основні розрахункові витрати води окремими категоріями споживачів Ви можете назвати?

### **Завдання до практичної роботи № 1**

1. Використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 1), розрахувати демографічну місткість території за формулою (1.1).

2. Оцінити якість води для господарсько-питних та комунально-побутових потреб, використовуючи умови (1.2), (1.3) і вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 2), та зробити висновок щодо можливості використання вод для цього виду водокористування.

• Оцінку якості вод рекомендується виконувати у табличній формі (табл. 1.8).

Таблиця 1.8 – Оцінка якості води для господарсько-питного водокористування

ЛОШ	Клас	Показник	Значення показника ( $C_n$ )	Норматив ГДК <sub>n</sub>	$\frac{C_n}{ГДК_n}$
1	2	3	4	5	6

3. Необхідно обчислити розрахункові витрати води окремими категоріями споживачів:

- Витрати для господарсько-питного й комунального водопостачання для населених пунктів, послідовно використовуючи формули (1.6)-(1.10) та (1.11)-(1.16) згідно з вхідними даними свого варіанта (додаток, табл. 3).

- Витрати води для промислових підприємств, використовуючи формули (1.17)-(1.21) згідно з вхідними даними свого варіанта (додаток, табл. 4). В ході розрахунків витрат води на господарсько-питні потреби підприємства умовно вважати, що у холодних цехах зайняті 80% від загальної кількості працюючих, а в гарячих цехах – 20%; при розрахунках витрат води на душ вважати, що кількість працюючих, які користуються душами, становить 30% від загального числа працюючих з розподілом за цехами: у холодних цехах – 10%, у гарячих цехах – 20%.

- Витрати води на гасіння пожеж, використовуючи формули (1.22)-(1.26) згідно з вхідними даними свого варіанта (додаток, табл. 5).

- Усі розраховані витрати води необхідно звести до загальної таблиці (табл. 1.9).

Таблиця 1.9 – Зведена таблиця витрат води

№	Вид витрати води	$Q_{доб. max}$ , м <sup>3</sup> /д	$Q_{год. mid}$ , м <sup>3</sup> /ГОД	$Q_{год. max}$ , м <sup>3</sup> /ГОД	$Q_{с. max}$ , л/с
1	Господарсько-питні потреби населення міста				
2	Комунальні потреби міста				
3	Витрати води для промисловості				
4	Витрати води на пожежогасіння				
	<b>РАЗОМ</b>				

- Результати табл. 1.9 представити графічно у вигляді кругових діаграм.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2 «ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВОДОВІДВЕДЕННЯ»

### Завдання № 2.1 Визначення розрахункових витрат стічних вод

Для визначення витрат стічних вод необхідні відомості про чисельність населення та дані про підприємства.

Розрахункова кількість мешканців  $N$  визначається в залежності від густоти населення даного району (кварталу)

$$N = P \cdot F, \quad (2.1)$$

де  $F$  – територія району (кварталу), що каналізується, га;

$P$  – число мешканців, які проживають на 1 га площі району (кварталу) – густота населення, чол./га.

Густота населення в містах та селищах міського типу коливається в залежності від поверховості забудов від 50 до 700 чоловік на 1 га площі.

**Нормою водовідведення** називаються витрати стічних вод, л/д, на одного мешканця, який користується каналізацією, або кількість стічних вод, м<sup>3</sup>, на одиницю продукції, яку випускають підприємства. Норма водовідведення для населених пунктів дорівнює нормі водоспоживання (125-250 л/д) і залежить від ступеня благоустрою житла, кліматичних умов, місцевих традицій та інших чинників, що обґрунтовуються розробниками проекту (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Норми водовідведення від районів житлової забудови

№ п/п	Ступінь благоустрою районів житлової забудови	Середньодобова (за рік) норма водовідведення на одного мешканця, $q_w$ , л/д
1	Забудова будинками, обладнаними внутрішнім водопроводом і каналізацією без ванн	125-160
2	Забудова будинками, обладнаними внутрішнім водопроводом, каналізацією і ваннами з місцевими водонагрівачами	160-230
3	Забудова будинками, обладнаними внутрішнім водопроводом, каналізацією та системою центрального гарячого водопостачання	230-350

Витрати побутових стічних вод залежать від норми водовідведення та числа мешканців, які користуються каналізацією; витрати виробничих стічних вод – від норми водовідведення виробничих вод та кількості продукції.

При визначенні норм водовідведення промислових стоків користуються даними технологів, а при визначенні норм водовідведення від окремих будинків та будівель спеціального призначення – нормами проектування внутрішнього водопроводу та каналізації. Відведення побутових стічних вод від промислових підприємств враховується окремо за табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Норми водовідведення побутових стічних вод промислових підприємств

№ п/п	Види цехів	Норми водовідведення на одного працюючого за зміну, л	Коефіцієнт погодинної нерівномірності водовідведення $K_{год}$
1	В цехах із значними тепловиділеннями (більше 23,2 Вт/м <sup>3</sup> ·год)	45	3
2	В інших цехах (холодних)	25	2,5

Стічні води надходять до каналізаційної мережі нерівномірно як в окремі дні, так і в окремі години доби. Нерівномірність їх надходження характеризується ступеневим графіком, аналогічним відповідному графіку водоспоживання.

Розрахункові погодинні та секундні витрати води визначаються за загальним коефіцієнтом нерівномірності припливу стічних вод  $K_{год.max}$ , який залежить від середніх витрат побутових стічних вод (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Залежність коефіцієнта нерівномірності припливу стічних вод  $K_{год.max}$  від середніх витрат побутових стічних вод  $Q_{mid}$

$Q_{mid}$ , л/с	5	10	20	50	100	300	500	1000	5000
$K_{год.max}$	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,55	1,5	1,47	1,44
$K_{год.min}$	0,38	0,45	0,5	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69	0,71

### 2.1.1 Витрати стічних вод від населення міста.

Середньодобова витрата стічних вод від населення міст обчислюють за формулою

$$Q_{доб.мід} = \frac{N \cdot q_w}{10^3}, \quad (2.2)$$

де  $Q_{доб.мід}$  – середньодобова витрата стічних вод від населення міста, м<sup>3</sup>/д;

$q_w$  – питоме водовідведення, л/д на 1 людину (табл. 2.1).

Середня секундна витрата стічних вод дорівнює

$$Q_{с.мід} = \frac{N \cdot q_w}{24 \cdot 60 \cdot 60}, \quad (2.3)$$

де  $Q_{с.мід}$  – середня секундна витрата стічних вод, л/с.

### 2.1.2 Витрати стічних вод від промислових підприємств.

Витрати стічних вод від промислових підприємств складаються з витрат побутових стічних вод, стічних вод від душових і витрат виробничих стічних вод.

#### *Визначення витрат побутових стічних вод від підприємств*

Середньодобова витрата побутових стічних вод встановлюється за формулою

$$Q_{доб.мід} = \frac{45 \cdot n_г + 25 \cdot n_х}{10^3}, \quad (2.4)$$

де  $Q_{доб.мід}$  – середня добова витрата побутових стічних вод від підприємства, м<sup>3</sup>/д;

$n_г$  і  $n_х$  – відповідно кількість працюючих на підприємстві в гарячих і холодних цехах;

45 і 25 – відповідно норми водовідведення на 1 робітника в гарячих і холодних цехах.

Максимальна погодинна витрата стічних вод дорівнює

$$Q_{год.мак} = \frac{45 \cdot n_г \cdot K_г + 25 \cdot n_х \cdot K_х}{t_{зм} \cdot 10^3}, \quad (2.5)$$

де  $Q_{год.мак}$  – максимальна погодинна витрата побутових стічних

вод, м<sup>3</sup>/год;

$K_z$  і  $K_x$  – коефіцієнти погодинної нерівномірності відповідно в гарячих і холодних цехах –  $K_z=2,5$ ,  $K_x=3$ ;

$t_{зм}$  – тривалість робочої зміни, год, ( $t_{зм}=8$  год).

Розрахункова секундна витрата стічних вод дорівнює

$$Q_{c.max} = \frac{45 \cdot n_z \cdot K_z + 25 \cdot n_x \cdot K_x}{t_{зм} \cdot 60 \cdot 60}, \quad (2.6)$$

де  $Q_{c.max}$  – максимальна секундна витрата побутових стічних вод, л/с.

#### **Визначення витрат стічних вод від душових на підприємствах**

Максимальна витрата стічних вод від душових на підприємстві за зміну приймається рівною максимальній погодинній витраті води на душ і визначається за формулою

$$Q_{год.max} = \frac{Q_{зм}}{0,75}, \quad (2.7)$$

де  $Q_{зм} = (0,06 \cdot n_z + 0,04 \cdot n_x)$  – об'єми води на душ за зміну у гарячих і холодних цехах, м<sup>3</sup>.

0,06 і 0,04 – відповідно норми витрат води на один душ у гарячих і холодних цехах.

Максимальна секундна витрата води визначається за формулою (1.10).

Максимальна витрата стічних вод від душових за зміну може бути визначена за формулою

$$Q_{зм.max} = \frac{q_d \cdot m_q \cdot 45}{60 \cdot 1000}, \quad (2.8)$$

де  $Q_{зм.max}$  – максимальна витрата стічних вод від душових за зміну, м<sup>3</sup>/зміну;

$q_d$  – витрата води через одну душову сітку, л/год, ( $q_d=500$  л/год);

$m_q$  – кількість душових сіток залежить від кількості робітників, які користуються душем в максимальну зміну (табл. 1.6).

#### **Визначення витрат виробничих стічних вод на підприємствах**

Середня добова витрата стічних вод від технологічних процесів визначається за формулою



$$Q_{доб.мid} = П \cdot q_{num}, \quad (2.9)$$

де  $Q_{доб.мid}$  – середня добова витрата стічних вод від технологічних процесів, м<sup>3</sup>/д;

$П$  – добова продукція підприємства (додаток, табл. 4);

$q_{num}$  – питоме водовідведення на одиницю продукції, м<sup>3</sup> (додаток, табл. 4).

За відсутності даних про витрати води на виробничі потреби окремими змінами витрати виробничих стічних вод приймаються однаковими протягом усього часу роботи підприємства.

Максимальна погодинна витрата стічних вод при цьому дорівнює

$$Q_{год.маx} = \frac{Q_{доб.мid}}{t}, \quad (2.10)$$

де  $Q_{год.маx}$  – найбільша погодинна витрата води на виробничі потреби, м<sup>3</sup>/год;

$t$  – тривалість роботи підприємства в розрізі доби, год.

Максимальна секундна витрата води на виробничі потреби обчислюється за формулою (1.10).

Розрахункова максимальна витрата виробничих стічних вод може бути також визначена за формулою

$$Q_{с.маx} = \frac{П_{маx} \cdot q_{num} \cdot K_{год.маx}}{t_{зм} \cdot 3,6}, \quad (2.11)$$

де  $Q_{с.маx}$  – максимальна секундна витрата стічних вод, л/с;

$П_{маx}$  – кількість одиниць продукції, що випускається у максимальну зміну.

## **Завдання № 2.2 Розрахунок режиму роботи ставків-накопичувачів**

В багатьох випадках ставки-накопичувачі є невід'ємною частиною систем водовідведення міст, промислових підприємств, тваринницьких комплексів та ін. Тому вони мають різне призначення:

**1. Накопичувач-регулятор.** В ньому зазвичай води накопичуються впродовж літньо-осінньої межени, а потім повністю або частково скидаються в річку в період водопілля. Інколи скид може виконуватися на протязі всього року. В будь-якому випадку ставок-накопичувач повинен

трансформувати майже постійний гідрограф припливу стічних вод та нерівномірний гідрограф віддачі з врахуванням витрат води в річці, а також концентрації солей в стічній та річковій воді.

**2. Накопичувач-випарник.** В нього скидаються стічні води, які недоцільно використовувати або неможливо повернути до річок. Вода в ставку витрачається на випаровування та частково – на фільтрацію. Поступово накопичувач наповнюється відкладами наносів та солей. Термін його існування обмежений, оскільки з підвищенням мінералізації зменшуються витрати води на випаровування. Він зазвичай будується в районах з сухим та жарким кліматом.

**3. Накопичувач-відстійник** (або накопичувач-освітлювач). Він призначений для осадження твердих речовин. Освітлена вода скидається в річку або повторно використовується в промисловому водопостачанні. Тривалість перебування стічної води в ставку повинна бути достатньою для осадження та повного змішання твердих речовин. З метою прискорення осадження інколи застосовується вапнування, коагулювання та ін.

Ставки-накопичувачі для зрошення збирають частково очищені стічні води невеликих населених пунктів або тваринницьких комплексів. В сезон вегетації вода використовується для зрошення. Подібні водойми інколи називаються біологічними ставками.

Ставки-накопичувачі можуть класифікуватися за місцем знаходження – в кар'єрах, балках, ярах, в заплавах та безстічних низовинах, а головне за видами регулювання: короткочасне, сезонне, повне, річне, багаторічне.

Найчастіше зустрічаються ставки-накопичувачі сезонного та повного річного регулювання. В конструктивному відношенні такі ставки включають річище, відгороджуючі дамби або закріплені береги, пристрої для приймання та випуску стічних вод; вони складаються з однієї, двох або більшої кількості секцій, можуть мати свій водозбір будь-якого розміру.

З екологічних позицій, найважливішою умовою роботи ставка-накопичувача є такий режим, при якому скид з нього сильно мінералізованих стічних вод не призвів би до недопустимого підвищення мінералізації річкових вод.

Режим роботи призначається на основі спеціальних розрахунків, які базуються на сумісному вирішенні рівнянь водного та сольового балансів.

Для обраної одиниці часу (зазвичай місяця):

рівняння водного балансу ставка-накопичувача записується таким чином

$$W_{np} + W_{on} = W_{cm} + W_{вин} + (W_{кін} - W_{поч}), \quad (2.12)$$

а рівняння сольового балансу ставка-накопичувача має такий вигляд

$$W_{np}C_{np} = W_{ст}C_{ст} + (W_{кін}C_{кін} - W_{поч}C_{поч}), \quad (2.13)$$

де  $W_{np}$  – об'єм води, що надходить в ставок, м<sup>3</sup>;

$C_{np}$  – мінералізація води, що надходить в ставок, мг/дм<sup>3</sup>;

$W_{ст}$  – об'єм води, що виходить зі ставка, м<sup>3</sup>;

$C_{ст}$  – мінералізація води, що виходить зі ставка, мг/дм<sup>3</sup>;

$W_{он}$  – об'єм атмосферних опадів, що випали на водне дзеркало, м<sup>3</sup>;

$W_{вип}$  – об'єм води, що випарувався з поверхні води, м<sup>3</sup>;

$W_{поч}$  – об'єм води в ставку на початку інтервалу часу, м<sup>3</sup>;

$C_{поч}$  – мінералізація води в ставку на початку інтервалу часу, мг/дм<sup>3</sup>;

$W_{кін}$  – об'єм води в ставку на кінець інтервалу часу, м<sup>3</sup>;

$C_{кін}$  – мінералізація води в ставку на кінець інтервалу часу, мг/дм<sup>3</sup>.

Надходження солей з атмосферними опадами не враховується.

В першому припущенні можна прийняти, що

$$C_{ст} = 0,5(C_{поч} + C_{кін}), \quad (2.14)$$

тоді, якщо вирішити рівняння водного балансу відносно  $W_{кін}$ , після деяких перетворень для мінералізації води в ставку на кінець інтервалу часу одержується наступний вираз

$$C_{кін} = (W_{np}C_{np} - 0,5W_{ст}C_{ст} + W_{поч}C_{поч}) / (W_{np} + W_{он} - W_{вип} - 0,5W_{ст} + W_{поч}). \quad (2.15)$$

Послідовні розрахунки за цим рівнянням дають уявлення про зміну в часі концентрації солей в ставку-накопичувачі і взагалі у водосховищі будь-якого типу. Скид води зі ставків-накопичувачів повинен виконуватися з врахуванням потреб неперевищення ГДК у річці.

### **Контрольні питання**

1. Що називається системою водовідведення або каналізування?
2. Що називається нормою водовідведення?
3. З яких витрат складаються витрати стічних вод?
4. Для яких категорій споживачів розраховуються норми водовідведення?
5. Які види ставків-накопичувачів Ви знаєте? Яку функцію вони виконують?
6. Назвіть основні складові рівнянь водного та сольового балансів.

7. Як виконується обчислення мінералізації води в ставку на кінець заданого інтервалу часу?

### **Завдання до практичної роботи № 2**

1. Необхідно обчислити витрати стічних вод різними категоріями споживачів:

- Витрати стічних вод від населення міста за допомогою формул (2.1)-(2.3) згідно з вхідними даними свого варіанта (додаток, табл. 3).

- Витрати виробничих стічних вод від промислових підприємств за формулами (2.4)-(2.11), використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 4). В ході розрахунків витрат побутових стічних вод від промислових підприємств умовно вважати, що у холодних цехах зайняті 80% від загальної кількості працюючих, а в гарячих цехах – 20%; при розрахунках стічних витрат води від душових вважати, що кількість працюючих, які користуються душами, становить 30% від загальної кількості працюючих з розподілом за цехами: у холодних – 10%, у гарячих – 20%.

- Усі розраховані витрати стічних вод необхідно звести до загальної таблиці (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Зведена таблиця стічних витрат води

№	Характер витрати води	$Q_{доб. max}$ , м <sup>3</sup> /д	$Q_{доб. mid}$ , м <sup>3</sup> /д	$Q_{год. mid}$ , м <sup>3</sup> /ГОД	$Q_{год. max}$ , м <sup>3</sup> /ГОД	$Q_{с. max}$ , л/с
1	Стічні води від населення міста					
2	Стічні води від промислових підприємств					
	РАЗОМ					

- Результати табл. 2.4 представити графічно у вигляді кругових діаграм.

2. Використовуючи залежності (2.14), (2.15), необхідно розрахувати зміни концентрації солей в ставку-накопичувачі в часі згідно з вхідними даними свого варіанта, заповнивши табл. 6 в додатку.

- По розрахованих даних побудувати графік зміни мінералізації води в ставку на кінець інтервалу часу  $C_{кін} = f(T)$ , де  $T$  – місяці.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3 «ВОДОКОРИСТУВАННЯ І ЯКІСТЬ ВОДИ»

### Завдання № 3.1 Визначення показників самоочищення

*Під розведенням стічних вод* розуміється процес зниження концентрації забруднювальних речовин, що входять до складу стічних вод, за рахунок змішання з водою річки або водойми. Встановлення характеру розподілу і ступеня розведення стійких хімічних домішок в водотоці або водоймі є гідравлічною задачею, для вирішення якої розроблена кілька методів розрахунку. Розрахунок розведення стічних вод в річці або водоймі може бути використаний для оцінки всього комплексу явищ, визначаючих самоочищення, при введенні чисельних характеристик фізико-хімічних і біохімічних процесів.

Максимальна концентрація забруднювальної речовини, що лімітується, в річці нижче за випуск стічних вод змінюється в межах:  $C_{ст} \geq C_{\max} \geq C_n$ , де  $C_n$  – середня концентрація тієї ж речовини в потоці, що визначається з рівняння балансу речовини

$$C_n = \frac{Q_p \cdot C_p + Q_{ст} \cdot C_{ст}}{Q_p + Q_{ст}}, \quad (3.1)$$

де  $Q_p$  – витрата води в річці, м<sup>3</sup>/с;

$Q_{ст}$  – витрата стічних вод, м<sup>3</sup>/с;

$C_p$  – концентрація забруднювальної речовини в воді річки, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_{ст}$  – концентрація тієї же забруднювальної речовини в стічних водах, мг/дм<sup>3</sup>.

Зазвичай в практиці розрахунків розведення використовується поняття кратності розведення  $n$  і коефіцієнта змішання  $\gamma$ .

**Кратність розведення** ( $n$ ) є універсальною характеристикою розведення, що показує у скільки разів знизилася концентрація забруднювальної речовини в стічних водах на ділянці річки, що досліджується. Величина  $n$  визначається за допомогою наступних залежностей

$$n = \frac{C_{ст} + C_p}{C_{\max} + C_p}; \quad (3.2)$$

при  $C_p = 0$

$$n = \frac{C_{cm}}{C_{max}}, \quad (3.3)$$

де  $C_{max}$  – максимальна концентрація забруднювальної речовини на будь-якому місці від випуску стічних вод, мг/дм<sup>3</sup>.

**Коефіцієнт змішання** ( $\gamma$ ) показує, яка частина витрати води змішується зі стічними водами. Кратність розведення і коефіцієнт змішання пов'язані наступною залежністю

$$n = \frac{Q_{cm} + \gamma Q_p}{Q_{cm}}; \quad (3.4)$$

або

$$\gamma = (n - 1) \cdot \frac{Q_{cm}}{Q_p}. \quad (3.5)$$

Коефіцієнт змішання обчислюється лише в тому випадку, якщо стічні води поширюються в розрахунковому створі не по всій ширині потоку.

**Під самоочищенням** розуміється сукупність біохімічних, фізико-хімічних та гідродинамічних (розведення) процесів, що зумовлюють зниження концентрації (або повне видалення) забруднювальних речовин у воді водойми, що потрапили туди зі стічними водами або іншим шляхом, і повернення якості води до первісного стану.

Одним із способів кількісної оцінки зниження концентрації за рахунок хімічних і біохімічних процесів є використання **коефіцієнтів неконсервативності** ( $k_n$ ), які сумарно враховують швидкість перетворення речовин. Значення коефіцієнтів неконсервативності визначаються за допомогою лабораторних і натурних досліджень.

Значення деяких величин коефіцієнтів неконсервативності наведені в табл. 3.1. Коефіцієнти неконсервативності при розкладанні забруднювальних речовин є від'ємними, розмірність  $k_n$  – 1/д або 1/с.

У загальному вигляді кінетика біохімічного перетворення може бути описана рівнянням 1-го порядку

$$C_t = C_0 \cdot e^{-(k_{n.1} + k_{n.2} + \dots + k_{n.n})t}, \quad (3.6)$$

де  $C_t$ ,  $C_0$  – концентрація речовини відповідно в початковий момент і в момент часу  $t$ , мг/дм<sup>3</sup>;

$k_{n.n}$  – коефіцієнти, що належать до одного з процесів перетворення речовини у водному об'єкті.

Таблиця 3.1 – Значення коефіцієнтів неконсервативності при 0°C

№ п/п	Забруднювальні речовини	Значення $k_H$ , 1/с
1	Нафтопродукти	$-2 \cdot 10^{-7}$
2	Феноли	$-1,5 \cdot 10^{-6}$
3	СПАР	$-2,1 \cdot 10^{-7}$
4	Фосфор мінеральний	0
5	БСК <sub>5</sub>	$-4 \cdot 10^{-7}$

В практиці допускається вести розрахунок по основному процесу трансформації речовини, нехтуючи процесами, що мають другорядне значення. В цьому випадку розрахункове рівняння набуде такого вигляду

$$C_t = C_0 \cdot e^{-k_H t}, \quad (3.7)$$

Взагалі розрахункові методи дозволяють обчислювати концентрації консервативних забруднювальних речовин, однак ці ж методи дозволяють враховувати і зниження концентрації за рахунок розкладання забруднювальних речовин, якщо є чисельні значення констант неконсервативності ( $k_H$ ).

### Завдання № 3.2 Визначення ефективності очищення стічних вод

**Якість очищення стічних вод** повинна бути такою, щоб якість води у водоймі після скиду до неї стічних вод була не нижче ніж для води, що обумовлена правилами охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами.

Правила містять загальні вимоги до складу та властивостей води (після скиду до неї стічних вод) водних об'єктів. Всі ці вимоги повинні виконуватися при проектуванні скиду стічних вод у водойми.

Для проточної водойми умова скиду стічних вод, за нормативним показником вмісту шкідливих домішок, визначається нерівністю

$$C_{ст.оч} \cdot Q_{ст} + C_p \cdot \gamma Q_p \leq (\gamma Q_p + Q_{ст}) \cdot C_{ГДК}, \quad (3.8)$$

де  $C_{ст.оч}$  – концентрація забруднювальної речовини в стічних водах, якої необхідно досягти в результаті очищення, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_p$  – концентрація того самого виду забруднювальної речовини у воді водойми до скиду стічних вод, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_{ГДК}$  – ГДК забруднювальної речовини, мг/дм<sup>3</sup>;

$\gamma$  – коефіцієнт змішання, що показує, яка частина води у водоймі змішується зі стічними водами в розрахунковому створі водойми;

$Q_p$  – витрата води у водоймі, м<sup>3</sup>/с;

$Q_{ст}$  – витрати стічних вод, що надходять у водойму, м<sup>3</sup>/с.

Значення  $Q_p$  визначаються за даними гідрометеорологічної служби;

$Q_{ст}$  – за технологічними розрахунками, а значення  $C_{ст}$  – на основі натурних замірів або за довідковими даними. Коефіцієнт змішання  $\gamma$  залежить від багатьох чинників: конструкції випуску, відстані до розрахункового створу водойми; гідравлічних характеристик потоку та морфометричних параметрів водойми.

Умови скиду стічних вод до непроточної водойми визначаються за співвідношенням

$$C_{ст.оч} \leq C_p + n \cdot (C_{ГДК} - C_p), \quad (3.9)$$

де  $n$  – кратність розведення.

Поділивши обидві частини нерівності на  $Q_{ст}$ , дістанемо

$$C_{ст.оч} + C_p \cdot \frac{\gamma Q_p}{Q_{ст}} \leq \left( \frac{\gamma Q_p + Q_{ст}}{Q_{ст}} \right) \cdot C_{ГДК}, \quad (3.10)$$

Вираз у дужках означає кратність розведення в проточних водоймах. Тоді значення  $n$  і  $\gamma$  визначаються виразами (3.3) і (3.5).

Підставивши відповідні значення  $n$  і  $\gamma$ , одержимо

$$C_{ст.оч} + (n - 1) \cdot C_p \leq n \cdot C_{ГДК}, \quad (3.11)$$

Аналіз рівняння (3.11) вказує на те, що у разі відсутності забруднювальної речовини даного виду в проточній водоймі, цей вираз набуває вигляду

$$C_{ст.оч} \leq n \cdot C_{ГДК}, \quad (3.12)$$

тобто концентрація забруднювальних речовин у стічних водах повинна бути такою, що дорівнює або менша від добутку кратності розведення на ГДК. Іншими словами, добуток розведення має бути таким, щоб



концентрація забруднювальних речовин у проточній водоймі не перевищувала гранично допустимої концентрації.

Необхідний *ступінь очищення стічних вод* від певного виду забруднення (наприклад, від завислих речовин або за величиною БСК<sub>повне</sub>), у відсотках, визначається за виразом

$$E = \frac{C_{ст} - C_{дон}}{C_{ст}} \cdot 100\% \quad (3.13)$$

або

$$E = \frac{B_a - B_{вод}}{B_a} \cdot 100\%, \quad (3.14)$$

де  $E$  – необхідний ступінь очищення стічних вод від певного виду забруднювальної речовини, %;

$C_{дон}$  – допустимий вміст завислих речовин в стічній воді, мг/дм<sup>3</sup>;

$B_a$  – фактичне БСК<sub>повн</sub> у воді до скиду стічних вод, мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>;

$B_{вод}$  – значення БСК<sub>повн</sub>, величину якого необхідно досягти у процесі очищення, мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>.

Слід зазначити, що забороняється скидати у водні об'єкти: стічні води, що можуть бути усунуті шляхом удосконалення технології виробництва; стічні води, що можуть бути використані в замкненій або зворотній системі технічного водопостачання підприємств; стічні води, що можуть бути використані для зрошення. Якщо таке неможливо з тих або інших причин, то допускається випуск очищених стічних вод у водойми при виконанні вимог нормативних актів та правил.

### **Завдання № 3.3 Інтегральні показники оцінки якості води водойм**

Для оцінки якості води водойм питного, промислового, сільськогосподарського або рибогосподарського водокористування необхідно виконувати порівняння хімічного складу води з відповідними нормативами і показниками.

При цьому, як правило, використовуються одиничні дані хімічного аналізу проб води, що не дозволяє узагальнити дані спостережень стосовно створу, ділянки або водойми в цілому, простежити зміну якості води річок або водойм в часі. Це і призвело до необхідності розробки інтегральних показників оцінки якості води й забрудненості водних об'єктів, що дозволяють охарактеризувати зміну якості при зміні гідрологічної ситуації у водних об'єктах.

Для аналізу впливу мінливості витрат води на гідрологічні показники

її забрудненості використовується середня (узагальнена) крива тривалості (забезпеченості) добових витрат води, побудована по відомостях про витрати, що відповідають тривалостям 30, 90, 180, 270, 355 днів, та поміщені в гідрологічних щорічниках. При розрахунках зручніше користуватися кривою забезпеченості добових витрат води, що побудована по значеннях витрат води 8, 20, 50, 75, 90, 95%-вої забезпеченості, які зняті з узагальненої кривої тривалості добових витрат води.

Бажана також наявність спостережень за гідрохімічним режимом і забрудненістю, які дозволяють обрати розрахункову витрату стічних вод ( $Q_{ст}$ ) і репрезентативну забруднювальну речовину ( $C_{ст}$ ), вміст якої лімітується відповідною ГДК. У разі відсутності даних про об'єми і концентрації стічних вод можна виконати умовний розрахунок при  $C_{ст.умов} = const$  і умовній ГДК:

$$Q_{ст.умов} = 0,1 \cdot Q_0, \quad (3.15)$$

де  $Q_0$  – норма стоку, м<sup>3</sup>/с.

### 3.3.1 Розрахунок гідрологічних показників забрудненості води водоїм.

#### *Абсолютний показник загального навантаження*

Загальне навантаження потоку консервативними речовинами або сумою речовин виражається середньою (у потоці) концентрацією  $C_n$  цих речовин, що визначаються за умови балансу (3.16). Величина  $C_n$  у створі повного перемішування виражає дійсне значення концентрації забруднювального інгредієнта; для створів, розташованих між місцем скиду стічних вод і створом повного перемішування, величина  $C_n$  лише умовно характеризує середню концентрацію.

Якщо у воді річки концентрація забруднювальної речовини  $C_p = 0$ , то

$$C_n = \frac{Q_{ст} \cdot C_{ст}}{Q_p + Q_{ст}}, \quad (3.16)$$

де  $C_n$  – середня концентрація забруднювальної речовини в потоці, мг/дм<sup>3</sup>;

$Q_p$  – витрата води в річці, м<sup>3</sup>/с;

$Q_{ст}$  – витрата стічних вод, м<sup>3</sup>/с;

$C_{ст}$  – концентрація забруднювальної речовини в стічних водах, мг/дм<sup>3</sup>.

Показник  $C_n$  дозволяє одержати повну характеристику навантаження потоку забруднювальними речовинами протягом будь-якого заданого періоду часу.

Оцінку мінливості показника  $C_n$  в часі можна уявити як функцію забезпеченості добових витрат води річки багаторічного ряду спостережень. Якщо  $Q_{cm} = \text{const}$  і  $C_{cm} = \text{const}$ , то забезпеченість середньої концентрації

$$P_{C_n} = (100 - P_Q), \quad (3.17)$$

де  $P_{C_n}$  – забезпеченість середньої концентрації, %;

$P_Q$  – забезпеченість добових витрат води, %.

### ***Показник перевищення і неперевикнення забрудненості відносно норми***

Показник перевищення забрудненості над нормою виражається забезпеченістю  $P_{заб}$  % стоку забрудненої води в конкретному створі даної річки. Забезпеченість підраховується по кількості днів, що відповідають проходженню через створ забрудненого стоку. Для визначення  $P_{заб}$  можна скористатися наступним графічним способом. Будується крива забезпеченості  $C_n$  і проводиться пряма, що відповідає ГДК для даної забруднювальної речовини. На перетині кривої  $C_n = f(P)$  з прямою ГДК одержується точка, що дає забезпеченість  $P_{заб}$  перевищення середньої концентрації речовини над нормованою. Кількість днів, коли вода в річці буде забрудненою, розраховується за такою формулою

$$P_{заб.дн} = \frac{P_{заб} \cdot T_{рік}}{100}, \quad (3.18)$$

де  $P_{заб.дн}$  – кількість днів, коли вода в річці буде забрудненою, дн.;

$P_{заб}$  – забезпеченість стоку забрудненої води, %;

$T_{рік}$  – тривалість року, дн.

Інколи замість показника  $P_{заб}$  користуються показником неперевикнення забрудненості щодо норми  $P_{чист}$ , який відбиває забезпеченість «чистого» стоку

$$P_{чист} = (100 - P_{заб}), \quad (3.19)$$

де  $P_{чист}$  – забезпеченість стоку чистої води, %.

**Показник відносного і гранично допустимого навантаження потоку забруднювальною речовиною**

Показник відносного навантаження потоку конкретною забруднювальною речовиною знаходиться в результаті порівняння розрахункового значення  $C_n$  з гранично допустимою концентрацією даної речовини. При цьому можливі два випадки:  $C_n \geq C_{ГДК}$  – вода брудна та  $C_n \leq C_{ГДК}$  – вода чиста.

Показник відносного навантаження потоку забруднювальною речовиною має вигляд

$$\varphi' = \left( \frac{C_{ст}}{C_{ГДК}} - 1 \right) \cdot \frac{Q_{ст}}{Q_p}. \quad (3.20)$$

Тут, як і для  $C_n$  при  $\varphi' > 1$  – вода брудна, при  $\varphi' < 1$  – вода чиста; а при  $\varphi' = 1$  – вона відповідає граничним умовам навантаження водою забруднювальною речовиною ( $\varphi'_{гран}$ ).

**3.3.2 Розрахунок параметрів зон забруднення методом номограм.**

Метод номограм дозволяє визначати параметри зон забруднення за заданою кратністю розведення в залежності від змінності основних гідрологічних чинників.

В якості розмірів зон забруднення використовуються відносні довжина ( $\lambda_{B, заб}$ ) і площа ( $\eta_{заб}$ ) зони забруднення. Для обчислення абсолютних величин довжини зон забруднення ( $L_{заб}$ ) і площі зон забруднення ( $\Omega_{заб}$ ) застосовуються залежності

$$L_{заб} = \lambda_{B, заб} \cdot B, \quad (3.21)$$

$$\Omega_{заб} = \eta_{заб} \cdot \Omega_{заг}. \quad (3.22)$$

Оскільки зона забруднення (її довжина  $L_{заб}$  і площа  $\Omega_{заб}$ ) обмежується лінією, де концентрація забруднювальної речовини дорівнює ГДК, а для різних речовин це значення досягається при різній кратності розведення ( $n$ ), то може виникнути необхідність визначення цих параметрів ( $L_{заб}$ ,  $\Omega_{заг}$ ) практично при будь-яких значеннях кратності розведення. У роботах Державного гідрологічного інституту (ДГІ, Росія) побудовані залежності  $\eta_{заб} = f(Q_{ст}/Q_p)$  при шести значеннях кратності розведення (рис. 3.1).

$$Q_{cm}/Q_p 10^{-3}$$

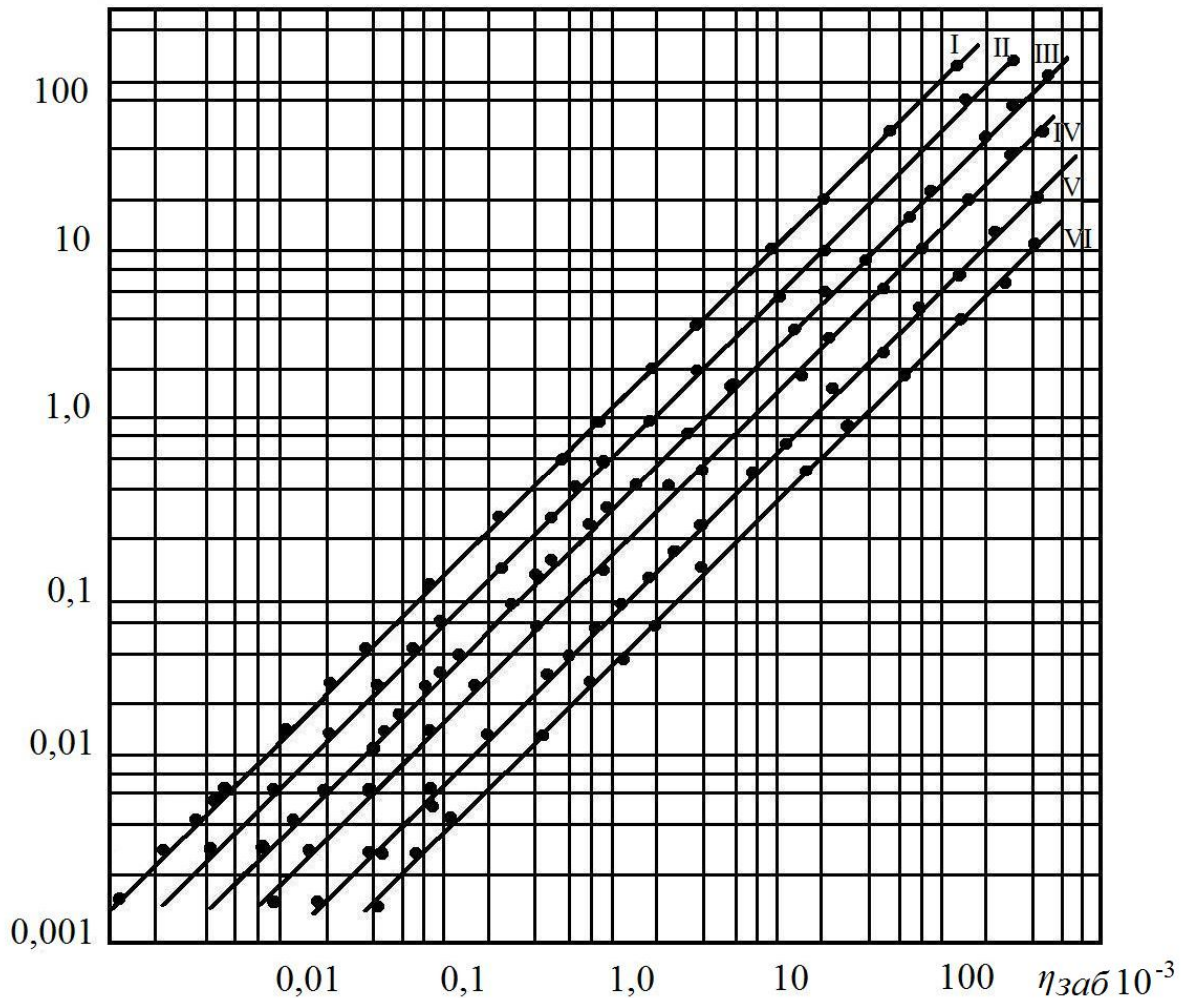


Рис. 3.1 – Залежність  $Q_{cm}/Q_p$  від  $\eta_{zab}$

**Умовні позначення:** I – двократне розведення; II – п'ятикратне розведення; III – 10-кратне розведення; IV – 20-кратне розведення; V – 40-кратне розведення; VI – 90-кратне розведення

Аналізуючи значення  $\eta_{zab}$  і  $\lambda_{B,zab}$ , обчислені для річок, що належать до різних типів і груп, фахівцям ДПІ вдалося обґрунтувати графіки зв'язку  $\lambda_{B,zab} = f(\eta_{zab})$  для річок різних типів (рис. 3.2).

Номограми, наведені на рис. 3.1 і 3.2, рекомендуються для визначення розмірів зон забруднення (їх довжин  $L_{zab}$  і площ  $\Omega_{zab}$ ) при будь-яких співвідношеннях витрат стічних і річкових вод й заданої кратності розведення.

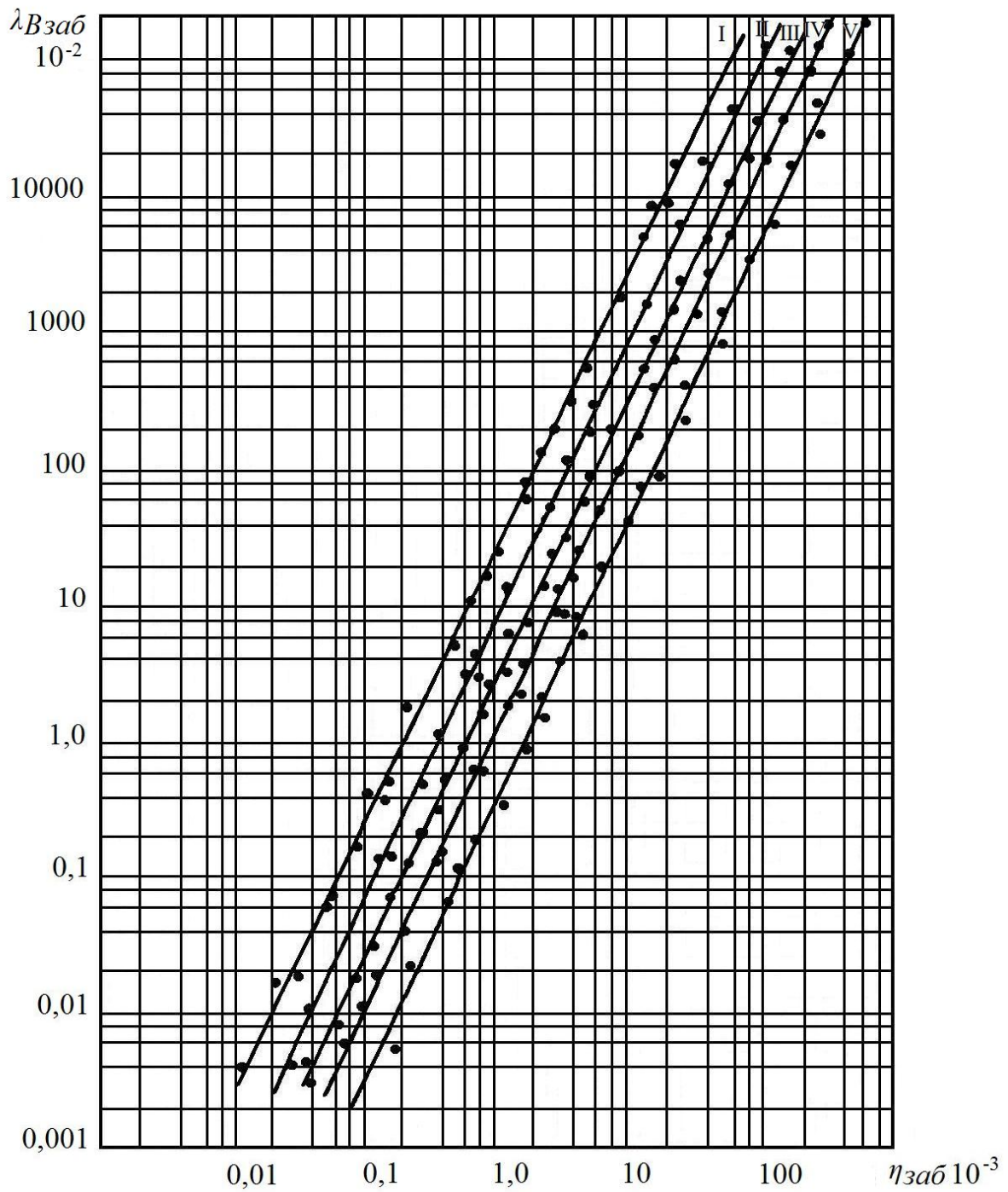


Рис. 3.2 – Графік зв'язку  $\lambda_{B, заб} = f(\eta_{заб})$

**Умовні позначення:** I – великі рівнинні річки; II – середні гірські річки; III – середні рівнинні і передгірські річки; IV – малі рівнинні річки; V – малі гірські річки

### **Контрольні питання**

1. Які процеси в водотоках і водоймах приводять до зниження концентрації забруднювальних речовин?
2. Що розуміється під процесом розведення?
3. Яким чином виконується розрахунок кратності розведення та коефіцієнта змішання?
4. Назвіть умови скиду стічних вод до проточних та непроточних водойм.
5. Яким чином оцінюється необхідний ступінь очищення стічних вод?
6. Які інтегральні показники оцінки якості води й забрудненості водних об'єктів Ви можете назвати? Як виконується розрахунок цих показників?
7. Яким чином обчислюються абсолютні величини довжини і площі зон забруднення?

### **Завдання до практичної роботи № 3**

1. Необхідно розрахувати кратність розведення та коефіцієнт змішання за формулами (3.3) та (3.5), використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 7).
2. Обчислити трансформацію всіх забруднювальних речовин, наведених в табл. 3.1, за формулою (3.7), використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 8).
3. Визначити умови скиду стічних вод за вмістом забруднювальних речовин, використовуючи нерівність (3.11), та оцінити необхідний ступінь очищення стічних вод від забруднювальних речовин, використовуючи формулу (3.13) (додаток, табл. 9).
4. Необхідно розрахувати гідрологічні показники забрудненості води водойм:
  - Використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 10, табл. 11) за умови, що  $Q_{см} = \text{const} = 0,1 \cdot Q_0$  і концентрація речовини у воді річки  $C_p = 0$ , розрахувати величину абсолютного показника загального навантаження  $C_n$  за формулою (3.16) при заданих забезпечених витратах води в річці.
  - Побудувати криву забезпеченості середньої концентрації забруднювальних речовин  $C_n = f(P_{C_n})$ , використовуючи розраховані величини абсолютного показника загального навантаження  $C_n$  і значення забезпеченості середньої концентрації  $P_{C_n}$ , обчислені за формулою (3.17).
  - Визначити показник перевищення забрудненості над нормою  $P_{заб}$  та  $P_{заб.дн}$  за формулою (3.18) и показник неперевихнення забрудненості щодо норми  $P_{чист.дн}$  та  $P_{чист}$  за формулою (3.19).

- Обчислити показник відносного навантаження потоку забруднювальною речовиною  $\phi'$  при розрахунковій витраті 95%-вої забезпеченості за формулою (3.20).

5. При кожному з п'яти розрахункових значень витрат води в річці (додаток, табл. 12), використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 13) за умови, що здійснюється постійний скид стічних вод з витратою  $Q_{cm}=0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ , визначити довжину зони забруднення ( $L_{заб}$ ) за формулою (3.21) і площу забруднення ( $\Omega_{заб}$ ) – за формулою (3.22).



## **ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4**

### **«ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПРИРОДНИХ ДЖЕРЕЛ ВОДИ»**

#### **4.1.1 Розрахунок розмірів збитків, заподіяних внаслідок забруднення водних об'єктів стічними водами.**

Шкоду, яку заподіяли державі юридичні та фізичні особи внаслідок забруднення вод, підлягає компенсації у повному обсязі, незалежно від плати за забруднення навколишнього природного середовища та погіршення якості природних ресурсів (ст. 69 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища»). Відповідальність настає після встановлення порушення умов водокористування, а саме:

- самовільного водоспоживання, тобто забору води з поверхневих або підземних джерел без дозволу на спеціальне водокористування;
- самовільного скиду зворотних вод з підприємств, суден та об'єктів, для яких не видано дозволу на спеціальне водокористування або не встановлені норми гранично допустимого або тимчасово узгодженого скиду шкідливих речовин;
- перевищення затверджених нормативів і норм скиду забруднювальних речовин (мг/дм<sup>3</sup>);
- скид забруднювальних речовин, не зазначених у дозволах на спеціальне водокористування або нормах ГДС (ТУС), якщо їх концентрація перевищує ГДК;
- самовільний скид зворотних вод або сировини з морських або річкових суден, плавзасобів, надводних або підводних споруд;
- надходження зворотних вод або забруднювальних речовин у поверхневі, підземні й морські води після аварій на насосних станціях, колекторах та інших спорудах, витoku таких вод або речовин внаслідок порушення технологій, техніки безпеки, скид сировини після аварій на нафтопродуктопроводах, нафтотерміналах та ін.;
- вимушеного санкціонованого аварійного скиду, що не передбачалося проектом, але здійснюється з метою запобігання аварійним ситуаціям;
- скиди шкідливих речовин, що призвели до забруднення підземних вод як безпосередньо, так і внаслідок забруднення поверхні землі та зони аерації ґрунтів. Якщо порушення норм водокористування виникло з незалежних від водокористувача і непередбачених проектом обставин (землетрус або інше стихійне лихо), то він ніякої відповідальності за порушення водоохоронного законодавства не несе.

За встановленого факту забруднення поверхневих або морських вод збитки визначаються за формулами (4.1)-(4.7). Збитки за наднормативний скид визначаються за формулою

$$Z_{над} = V \cdot T \cdot (C_{с.ф.} - C_{\delta}) \sum_{i=1}^m (0,003 A_i \cdot n) \cdot \delta \cdot 10^{-3}, \quad (4.1)$$

де  $Z_{над}$  – збитки за наднормативний скид, грн;

$V$  – витрати зворотних вод, м<sup>3</sup>/год;

$T$  – тривалість наднормативного скиду, год;

$C_{с.ф.}$  – середня фактична концентрація забруднювальних речовин в зворотних водах, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_{\delta}$  – дозволена для скиду концентрація забруднювальних речовин, визначена під час затвердження ГДС (ТУС), мг/дм<sup>3</sup>;

$n$  – величина неоподаткованого мінімуму доходів (НМД) громадян ( $n=1400000$ ), грн;

$\delta$  – коефіцієнт, що враховує категорію водного об'єкта (табл. 4.1);

$10^{-3}$  – коефіцієнт, що враховує розмірність величин;

0,003 – базова ставка відшкодування збитків, у частках неоподаткованого мінімуму доходів громадян, НМД/кг (розрахована як середня вартість знешкодження різних забруднювальних речовин у частках неоподаткованого мінімуму доходів за одиницю маси речовини);

$A_i$  – показник відносної небезпечності речовини, що визначається за співвідношенням  $1/C_{ГДК}$ , де  $C_{ГДК}$  – гранично допустима концентрація цієї речовини згідно з санітарними правилами і нормами або узагальненим переліком ГДК шкідливих речовин для води рибогосподарських водойм.

Таблиця 4.1 – Значення коефіцієнтів, що враховують категорію водного об'єкта ( $\delta$ )

№ п/п	Категорія водного об'єкта	Коефіцієнт $\delta$
1	Морські та поверхневі водні об'єкти комунально-побутового використання	1,0
2	Поверхневі водні об'єкти господарсько-питного водокористування	1,4
3	Поверхневі та морські водні об'єкти рибогосподарського водокористування:	
	II	1,6
	I	2,0

У разі скиду речовин, відсутніх у переліку допустимих для скиду, тобто фактична концентрація їх перевищує ГДК, в розрахунковій формулі  $C_{\delta}$  робиться поправка на ГДК.

Якщо відбувається скид речовин, для яких не встановлено рівні ГДК або орієнтовно безпечні рівні впливу (ОБРВ), то показник відносної небезпечності приймається за 100, а для ГДК «відсутність» – 100000.

Для завислих речовин показник відносної небезпечності приймається таким, що дорівнює 0,3, а для підприємств, що експлуатують комунальні системи та каналізацію, – 0,1.

Збитки за наднормативний скид комунальними підприємствами відшкодовуються у разі порушення технологічних режимів роботи очисних споруд, передбачених проектом у розмірі, який немає перевищувати 50% прибутку за послуги каналізації за час порушення природоохоронного законодавства (крім аварійного скиду).

У разі самовільного аварійного та санкціонованого вимушеного скиду стічних вод (крім скиду з водних транспортних засобів) збитки визначаються за формулою

$$Z_{ав.} = V \cdot T \cdot C_{с.ф.} \cdot \sum_{i=1}^m (0,003A1 \cdot n) \cdot \delta \cdot 10^{-3}, \quad (4.2)$$

де  $Z_{ав.}$  – збитки за наднормативний скид, грн.

За аварійний скид стічних вод комунальними підприємствами збитки відшкодовуються у розмірі, що не перевищують 50% річного прибутку за послуги каналізації.

Збитки за скид вод з водних транспортних засобів визначаються за формулою

$$Z_{в} = \sum_{i=1}^m (0,003W \cdot C_{ф} \cdot A1 \cdot n \cdot \delta \cdot 10^{-3}), \quad (4.3)$$

де  $Z_{в}$  – збитки за скид зворотних вод з водних транспортних засобів, грн;

$W$  – об'єм скинутих зворотних вод, м<sup>3</sup>;

$C_{ф}$  – фактична концентрація забруднювальної речовини в зворотних водах, мг/дм<sup>3</sup>.

За відсутності даних про витрати скинутих з судна господарсько-фекальних вод та їх концентрацію і об'єм накопичення для суден І категорії (судна завдовжки понад 65 м з необмеженим районом плавання та чисельністю екіпажу) приймаються на рівні 50 л, а для всіх інших категорій – 25 дм<sup>3</sup> на одну особу за добу, за БСК<sub>20</sub> – 350 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> і вмістом твердих завислих речовин – 350 мг/дм<sup>3</sup>.

#### 4.1.2 Розрахунок розмірів збитків, заподіяних внаслідок забруднення водних об'єктів сировиною та сміттям.

Збитки за аварійний скид сировини або речовин у чистому вигляді (нафтопродуктів, фенолів тощо) визначаються за формулою

$$Z_a = 0,003M \cdot Al \cdot n \cdot \delta, \quad (4.4)$$

де  $Z_a$  – збитки за аварійний скид сировини або речовин у чистому вигляді, грн;

$M$  – маса скинутої забруднювальної сировини, кг;

Розрахунок збитків за забруднення водного об'єкта сміттям визначається за формулою

$$Z_c = (0,17m \cdot K_x) \cdot Al \cdot n + T \cdot n \cdot 0,1, \quad (4.5)$$

де  $Z_c$  – збитки за забруднення водного об'єкта сміттям, грн;

0,17 – вартість перевезення та утилізації сміття, НДМ-одиниць;

$m$  – маса сміття, т;

$K_x$  – коефіцієнт, що характеризує ступінь забруднення поверхні води сміттям (табл. 4.2);

$Al$  – показник небезпечності сміття (визначається за співвідношенням:  $1/C_{ГДК}$  найнебезпечнішої забруднювальної речовини, яка була виявлена у складі скинутого сміття);

$T$  – тривалість роботи спецсуден під час збирання сміття, год;

0,1 – вартість однієї години роботи спецсудна, НДМ-одиниць.

Сміття збирається судном-смiттєзбирником або визначається як добуток множення забрудненої площі  $S$  на середню масу  $W_{сер}$  з  $1 \text{ м}^2$ , зібраного в трьох різних місцях забрудненої акваторії на однаковій відстані від її центра –  $\Delta W_1$ ,  $\Delta W_2$ ,  $\Delta W_3$ , за формулою

$$m = S \cdot W_{сер}, \quad (4.6)$$

де  $W_{сер} = (\Delta W_1 + \Delta W_2 + \Delta W_3) / 3$  – середня маса, кг;

$S$  – площа водної поверхні, забрудненої сміттям,  $\text{м}^2$ .

**Загальна сума збитків за одночасне забруднення водного об'єкта кількома забруднювальними речовинами (але однією юридичною чи фізичною особою) визначається додаванням до найбільшої з усіх розрахованих величин суми збитків для інших забруднювальних речовин, помноженої на коефіцієнт 0,15.** У разі залпового скиду, який призвів до забруднення водного об'єкта в контрольному створі до 50 і

більше ГДК, розрахована сума збитків помножується на коефіцієнт 10.

Таблиця 4.2 – Визначення коефіцієнтів  $K_x$ , що характеризують ступінь забруднення поверхні води сміттям

№ п/п	Зовнішній вигляд поверхні води	Розмір коефіцієнта $K_x$
1	Чиста водна поверхня, на відкритій акваторії площею 100 м <sup>2</sup> є окремі невеликі плями дрібного сміття загальною площею не більше 0,01 м <sup>2</sup> .	1
2	На площі 100 м <sup>2</sup> відкритої акваторії є окремі невеликі плями дрібного сміття загальною площею не більше 1 м <sup>2</sup> , окремі предмети з розмірами у будь-якому напрямку не більше 25 см.	2
3	На площі 100 м <sup>2</sup> відкритої акваторії є окремі невеликі плями дрібного сміття площею не більше 2 м <sup>2</sup> , окремі предмети з розмірами у будь-якому напрямку не більше 50 см.	3
4	На площі 100 м <sup>2</sup> відкритої акваторії є плями сміття загальною площею до 5 м <sup>2</sup> , окремі предмети з розмірами, не більше 1 м, скупчення сміття в кутах, тупиках і у навітряній стороні причалу при ширині забрудненої смуги до 0,5 м.	4
5	На площі 100 м <sup>2</sup> відкритої акваторії є скупчення сміття загальною площею до 10 м <sup>2</sup> , значна кількість предметів з розмірами до 1,5 м, скупчення сміття в кутах, тупиках і у навітряній стороні причалу при ширині забрудненої смуги до 1 м.	5
6	На площі 100 м <sup>2</sup> відкритої акваторії є окремі невеликі плями дрібного сміття загальною площею більше 10 м <sup>2</sup> . Крупні предмети з розмірами більш 1,5 м, скупчення сміття в кутах, тупиках і навітряній стороні причалу при ширині забрудненої смуги до 0,5 м.	6

У разі вжиття заходів для ліквідації наслідків забруднення сума збитків зменшується в залежності від кількості зібраної або знешкодженої забруднювальної речовини і загальної тривалості ліквідації наслідків забруднення. Сума збитків у цьому разі визначається за формулою

$$Z_3 = Z_{n.c.} \cdot (1 - \sum (\Delta m_i / m) \cdot K_{zi}), \quad (4.7)$$

де  $Z_3$  – зменшена сума збитків, грн;  
 $Z_{н.с.}$  – початкова сума збитків, грн;  
 $\Delta m_i$  – маса зібраної забруднювальної речовини за кожен відрізок часу ліквідації, т;  
 $m$  – маса скинутої забруднювальної речовини, т;  
 $K_{zi}$  – коефіцієнт зменшення збитків в залежності від тривалості ліквідації наслідків забруднення.

### ***Контрольні питання***

1. Які порушення умов водокористування Ви знаєте?
2. Яким чином визначаються збитки за наднормативний скид забруднених вод у поверхневі або морські води?
3. Яким чином визначаються збитки у разі самовільного аварійного та санкціонованого вимушеного скиду зворотних вод?
4. Назвіть основні складові формули для розрахунків збитків за скид зворотних вод з водних транспортних засобів, за аварійний скид нафтопродуктів та сміття.
5. Як обчислюється загальна сума збитків за умови одночасного забруднення водного об'єкта кількома забруднювальними речовинами однією юридичною або фізичною особою?
6. Як обчислюється сума збитків, заподіяних внаслідок забруднення води, у разі вжиття заходів для ліквідації наслідків забруднення?

### ***Завдання до практичної роботи № 4***

1. Необхідно, використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 14), розрахувати за формулою (4.1) збитки, які виникли, коли при перевірці очисних споруд каналізації населеного пункту було встановлено, що якість стічних вод після очищення не відповідає затвердженим величинам ГДС. Дозволена для скиду у водний об'єкт рибогосподарського користування II категорії концентрація ( $C_D$ ) органічних речовин становить  $10 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ , завислих речовин –  $20 \text{ мг}/\text{дм}^3$ , нафтопродуктів –  $2,0 \text{ мг}/\text{дм}^3$ .
2. Необхідно, використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 14), розрахувати за допомогою залежності (4.2) заподіяні збитки внаслідок аварії, що відбулася на каналізаційній насосній станції, в результаті якої у водний об'єкт рибогосподарського користування I категорії скидалися стічні води місцевої каналізації.
3. За формулою (4.4), використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 15), обчислити збитки за аварійний залповий скид з судна дизельного палива в акваторію моря – об'єкт рибогосподарського водокористування I категорії.
4. Використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 15), за

допомогою формул (4.5), (4.6) обчислити збитки від забруднення поверхневого водного об'єкта комунально-побутового використання дрібним сміттям, яке розташовується на акваторії окремими невеликими плямами площею не більше  $2 \text{ м}^2$ , та у складі якого найнебезпечнішим забруднювачем є органічна речовина.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

### «ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ ВОДОГОСПОДАРСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ І СИСТЕМ»

#### 5.1.1 Визначення структури водогосподарських об'єктів і систем.

Структура (склад учасників) водогосподарських систем (ВГС) і об'єктів має бути оптимальною, тобто найкращою з можливих варіантів. Її обґрунтування зводиться до вибору варіанта, для якого народногосподарські затрати будуть найменшими. Для визначення оптимальної структури необхідно послідовно порівнювати між собою варіанти ВГС (або комплексного гідровузла) за наявності та за відсутності кожного учасника. Якщо будь-яка галузь вилучається зі складу учасників ВГС або комплексних гідровузлів, то відповідна продукція в такому самому обсязі і такої самої якості має бути одержана альтернативним шляхом.

Методичною основою для вибору оптимального варіанта з альтернативно можливих є *метод порівняльної економічної ефективності*. Зазвичай використовують два основні способи визначення порівняльної економічної ефективності: попарне порівняння варіантів і визначення мінімуму приведених затрат для варіантів, що порівнюються.

*Попарне порівняння варіантів* виконується шляхом обчислення коефіцієнтів порівняльної економічної ефективності та термінів окупності капітальних вкладень за такими формулами

$$E = \frac{C_2 - C_1}{K_1 - K_2}; \quad (5.1)$$

$$T = \frac{K_1 - K_2}{C_2 - C_1}, \quad (5.2)$$

де  $E$  – коефіцієнт порівняльної економічної ефективності капітальних вкладень;

$C_1$  і  $C_2$  – собівартість річної продукції або річні витрати, млн грн;

$K_1$  і  $K_2$  – капітальні вкладення для порівнюваних варіантів, млн грн;

$T$  – термін окупності додаткових капітальних вкладень.

Ці два показники порівнюються з нормативними, які визначаються у відповідності зі спеціальною типовою методикою визначення ефективності капітальних вкладень і галузевими інструкціями. Для всього господарства України нормативний коефіцієнт порівняльної економічної ефективності капітальних вкладень становить 0,12. Для окремих галузей, залежно від деяких специфічних умов, допускаються відхилення значень нормативних



коефіцієнтів в межах 0,10-0,33, при цьому термін окупності капітальних вкладень становить від 10 до 3 років при середньому – 8 років. Значення коефіцієнтів порівняльної економічної ефективності для об'єктів і галузей водного господарства такі: комплексні гідровузли – 0,10, гідроенергетика – 0,12, водний транспорт – 0,10-0,15, зрошення – 0,17-0,33, обводнення – 0,20-0,30, осушення – 0,11-0,25, водопровід і каналізація – 0,10-0,14, рибне господарство – 0,17.

З двох порівнюваних варіантів обирається той, у якого коефіцієнт порівняльної економічної ефективності не менше нормативного, а додаткові капітальні вкладення окупуються за менший (але не більший нормативного) термін.

**Якщо при порівнянні двох варіантів коефіцієнт порівняльної економічної ефективності менший за нормативний, то економічнішим буде другий варіант. При однакових коефіцієнтах обидва варіанти однаково ефективні. Якщо за одним з двох варіантів капітальні вкладення і річні витрати виявляються меншими, визначати  $E$  і  $T$  недоцільно, тому що переваги такого варіанта очевидні і без розрахунків.**

Якщо необхідно порівняти не два, а три і більше варіантів, то попарно порівнюють усі варіанти доти, поки не залишаються два кращих, з яких тим самим способом обирають найекономічніший.

У разі попарного порівняння варіантів з'ясовують лише переваги одного з них у кожній парі, а за результатами попарного порівняння виявляється один, найекономічніший. Проте за результатами порівняння не можна встановити місце, яке займає кожен з варіантів за рівнем порівняльної ефективності. Це завдання можна вирішити при зіставленні варіантів за приведеними затратами.

**Приведені затрати** – це сума поточних затрат (собівартості) і капітальних вкладень, приведених до нормативного терміну окупності або до одного року. Найекономічнішим визнається варіант з найменшими приведеними затратами, які визначаються за формулами:

– при приведенні затрат до одного року

$$C_i + E_n \cdot K_i = \text{мінімум}; \quad (5.3)$$

– при приведенні затрат до нормативного терміну

$$K_i + T_n \cdot C_i = \text{мінімум}, \quad (5.4)$$

де  $C_i$  – поточні затрати (собівартість) кожного варіанта, млн грн;

$E_n$  – нормативний коефіцієнт порівняльної економічної ефективності;

$K_j$  – капітальні вкладення кожного з варіантів, млн грн;

$T_n$  – нормативний термін окупності додаткових капітальних вкладень.

Визначення порівняльної економічної ефективності необхідне також при зіставленні варіантів господарських або технічних рішень, виборі варіантів розміщення підприємств та їх комплексів, при порівняльній оцінці виробництва однієї і тієї самої продукції в різних районах або різних видів взаємозамінної продукції, при виборі варіантів нового будівництва, при реконструкції діючих підприємств тощо.

При визначенні порівняльної економічної ефективності особливого значення набуває зіставлення порівнюваних варіантів. Матеріальний ефект за всіма варіантами має бути однаковий, тобто продукція та функції споруд за всіма варіантами також мають бути однаковими. Порушення цієї умови призводить до помилок у порівнянні та виборі варіантів. Отже, якщо є різниця в матеріальному ефекті від зроблених вкладень, то необхідно привести всі порівнювані варіанти до зіставленого виду. Для цього необхідно перерахувати капітальні вкладення і річні затрати за всіма варіантами і віднести їх на однакову продукцію, однаковий об'єм водосховища, зрошення або осушення однакових площ за одного і того самого складу культур тощо. Досить зручно користуватись також розрахунками на одиницю продукції (тонну, центнер), одиницю роботи тощо.

Необхідно враховувати, що показники порівняльної економічної ефективності не можуть бути підставою для вирішення питання про доцільність проведення відповідного заходу. Їх використання передбачає, що питання про рентабельність даного будівництва вже вирішене, або воно має здійснюватись незалежно від показників рентабельності, або є частиною вже запланованої сукупності робіт. Визначення порівняльної економічної ефективності дає відповідь лише на питання про спосіб, за яким вигідніше вирішувати певне завдання. Якщо, наприклад, визнано, що доцільніше зрошувати будь-який масив земель і для цього необхідно побудувати греблю на річці, то лишається лише вирішити питання про порівняльну економічну ефективність можливих її варіантів (бетонна, земляна, з кам'яної накидки, арочна, гравітаційна та ін.), щоб обрати кращий.

### **5.1.2. Визначення загальної економічної ефективності капітальних вкладень.**

Метод порівняльної економічної ефективності дає змогу обрати економічно найвигідніший варіант ВГС або об'єкта. Економічну ж ефективність обраного варіанта визначають *методом загальної (абсолютної) економічної ефективності*, сутність якого полягає в зіставленні величини капітальних вкладень в основні виробничі фонди і на

формування оборотних коштів з ефектом, одержаним у результаті цих вкладень.

Показниками загальної (абсолютної) економічної ефективності є:

- **коефіцієнт загальної (абсолютної) економічної ефективності** (рентабельності), що являє собою відношення одержаного ефекту (прибутку) до капітальних вкладень, які його забезпечили;
- **термін повернення (окупності) капітальних вкладень** – величина, обернена коефіцієнту загальної ефективності, яка виражається відношенням капітальних вкладень до одержаного ефекту.

Ці показники розраховуються за формулами

$$E_3 = \frac{Ц - C_{в.в.}}{K} = \frac{П}{K}; \quad (5.5)$$

$$T_n = \frac{K}{Ц - C_{в.в.}} = \frac{K}{П}, \quad (5.6)$$

де  $E_3$  – коефіцієнт загальної (абсолютної) економічної ефективності;

$Ц$  – ціна продукції, млн грн;

$C_{в.в.}$  – витрати виробництва;

$K$  – капітальні вкладення, млн грн;

$П$  – прибуток, який визначається за виразом  $П = Ц - C_{в.в.}$ , млн грн;

$T_n$  – термін повернення (окупності) капітальних вкладень, рік.

**Зіставлення їх з нормативними значеннями коефіцієнта загальної ефективності та терміном окупності капітальних вкладень надає можливість виключити неекономічні варіанти і обрати найефективніший, для якого коефіцієнт  $E_3$  має бути не нижче за нормативний, а термін окупності  $T_n$  – не перевищувати нормативний.**

У типовій методиці нормативні величини для коефіцієнта ефективності та термінів окупності не встановлені, їх значення містяться в галузевих інструкціях. У деяких галузях водного господарства коефіцієнт ефективності дорівнює 0,10-0,16, а терміни окупності – 6-10 років, залежно від спеціалізації господарств.

### **Контрольні питання**

1. Яким чином визначається оптимальна структура водогосподарських систем?
2. Які основні способи визначення порівняльної економічної ефективності Ви знаєте?
3. Яким чином відбувається обчислення коефіцієнтів порівняльної економічної ефективності та термінів окупності капітальних вкладень?

4. Що означає поняття «приведені затрати»?
5. Яким чином визначаються приведені затрати?
6. Які види приведених затрат Ви можете назвати?
7. Яким чином визначається економічна ефективність обраного варіанта?
8. Які показники загальної (абсолютної) економічної ефективності Ви знаєте? Яким чином вони розраховуються?

### ***Завдання до практичної роботи № 5***

1. Необхідно, використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 16) і спосіб попарного порівняння, обчислити коефіцієнт порівняльної економічної ефективності та термін окупності капітальних вкладень за формулами (5.1), (5.2) й вирішити, який з порівнюваних варіантів обґрунтування структури водогосподарських об'єктів є найбільш економічно ефективним.

2. Необхідно, використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 17) і спосіб попарного порівняння, обчислити мінімум приведених затрат за формулою (5.3) й вирішити, який з порівнюваних варіантів обґрунтування структури водогосподарських об'єктів є найбільш економічно ефективним.

3. Використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 18), за допомогою формул (5.5), (5.6) обчислити коефіцієнт загальної економічної ефективності та термін повернення капітальних вкладень й визначити загальну економічну ефективність обраного варіанта структури водогосподарської системи.

## **ДОДАТОК**

Таблиця 1 – Вхідні дані для розрахунків демографічної місткості території

№ варіанта	Річка – пункт	Район протікання	Сумарний приплив річкових вод $Q_{пр}$ , м <sup>3</sup> /д
1	р. Айдар – с. Княжино	південний	66300
2	р. Айдар – с. Містки	південний	82060
3	р. Красна – с. Сватово	північний	12210
4	р. Красна – с. Нижня Дуванка	північний	9000
5	р. Красна – с. Миловатка	північний	30500
6	р. Хорино – с. Першотравневе	північний	18700
7	р. Дуваночка – с. Верхня Дуванка	південний	8200
8	р. Дуваночка – с. Яблунівка	південний	16700
9	р. Жеребець – с. Ковалівка	південний	55400
10	р. Зубра – с. Димівка	південний	18540

Таблиця 2 – Вхідні дані концентрацій шкідливих речовин, мг/дм<sup>3</sup>

Речовини	Концентрації шкідливих речовин $C_i$ по варіантах									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Аміак (за азотом)	1,0	1,1	2,5	1,9	1,3	1,5	2,3	2,5	0,9	0,4
Анілін	0,01	0,05	0,08	0,5	0,03	0,2	0,07	0,05	0,15	0,11
Бензол	0,4	0,5	0,6	0,7	0,3	0,7	0,5	0,1	0,2	1,0
Залізо загальне	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,4	0,5	0,3	0,2	0,6
Натрій	100	200	230	245	200	125	100	175	180	165
Нафтопродукти	0,4	0,1	0,1	0,2	0,09	0,05	0,01	0,02	0,3	0,5
Нікель	0,2	0,5	0,4	0,1	0,02	0,01	0,08	0,03	0,6	0,01
Нітрати (за азотом)	5,2	11,0	12,5	9,8	6,7	3,5	10,0	10,0	15,0	13,5
Нітрити (за азотом)	0,8	0,4	0,3	0,2	0,1	0,02	0,05	0,08	1,1	2,0
Свинець	0,02	0,03	0,004	0,009	0,003	0,05	0,09	0,02	0,01	0,001
Сульфати	250	340	500	560	170	700	400	500	400	500
Феноли	0,0001	0,001	0,004	0,0005	0,0008	0,0007	0,002	0,0001	0,001	0,008
Хлориди	175	200	245	235	330	350	400	450	430	250
Хром (6+)	0,05	0,08	0,007	0,01	0,001	0,09	0,05	0,045	0,01	0,0002
Цинк	0,9	2,3	0,8	0,5	0,2	0,4	1,1	1,3	2,5	1,0

Таблиця 3 – Вхідні дані для розрахунків витрат води і стічних вод для водопостачання та водовідведення

№ варіанта	Густота населення $P$ , чол./га	Площа $F$ , га			Ступінь благоустрою	Поверховість забудови, понад
		кварталів міста	вулиць і площ	зелених насаджень		
1	350	165,5	3,5	6,8	3	5
2	285	175,0	4,0	7,0	3	6
3	330	175,5	4,5	7,2	2	6
4	310	180,0	5,0	7,4	3	5
5	408	180,5	3,6	6,9	1	7
6	375	190,0	4,2	7,5	3	6
7	360	194,8	4,5	8,0	2	5
8	305	192,5	5,0	8,5	3	5
9	325	190,5	5,4	9,2	3	6
10	330	191,0	5,2	9,6	3	5



Таблиця 4 – Вхідні дані для розрахунків витрат води та стічних вод для промислових підприємств

№ варіанта	Найменування підприємства	Норма $q_{нит}$ , м <sup>3</sup> на 1 продукції		Продуктивність підприємства $P$ , т/д	Кількість робітників, всього	Кількість робітників в максимальну зміну
		водоспоживання	водовідведення			
1	Канатний завод	2,0	2,0	1650	2100	850
2	Виробництво болтів і заклепок	1,25	1,1	55	1150	445
3	Лиття для насосів, засувок	2,5	2,3	1850	2250	940
4	М'ясокомбінат	10,0	10,0	110	2800	1050
5	Ковбасна фабрика	6,0	6,0	100	2500	950
6	Завод м'ясних консервів	9,0	9,0	1800	2250	955
7	Завод овочевих консервів	10,0	10,0	125	1850	690
8	Завод рибних консервів	11,0	11,0	2100	3500	1450
9	Маргариновий завод	15,0	15,0	1550	2600	980
10	Молочний завод	15,0	15,0	95	1150	430

Таблиця 5 – Вхідні дані для розрахунків витрат води на пожежогасіння

№ варіанта	Розрахункова витрата води на внутрішнє пожежогасіння для населених пунктів $q'_{пож}$ , л/с	Кількість мешканців $N$ , тис. чол.	Розрахункова витрата води на внутрішнє пожежогасіння для промислових будівель $q'_{пож}$ , л/с	Об'єм промислових будівель, тис. м <sup>3</sup>	Ступінь вогнестійкості та категорія приміщення по пожежній небезпеці
1	9	1	13	2	V, В
2	10	5	15	4	IV, В
3	12	10	17	10	V, Г
4	14	25	19	15	IV, Д
5	20	50	22	25	III, В
6	21	100	24	55	III, Г
7	27	200	25	100	III, Д
8	31	300	29	250	I, А
9	34	400	32	300	I, Б
10	35	500	33	500	II, Д

Таблиця 6 – Вихідні дані для розрахунків водного та сольового балансу ставка-накопичувача

№ варіанта	Місяці	$W_{np},$ м <sup>3</sup>	$C_{np},$ мг/дм <sup>3</sup>	$W_{ст},$ м <sup>3</sup>	$C_{ст},$ мг/дм <sup>3</sup>	$W_{оп},$ м <sup>3</sup>	$W_{вип},$ м <sup>3</sup>	$W_{поч},$ м <sup>3</sup>	$C_{поч},$ мг/дм <sup>3</sup>	$C_{кін},$ мг/дм <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	V	1269	1800	1200	1900	1000	1200	6000	2000	1800
	VI	1610	2600	1400		1100	1300	Те ж		
	VII	2127	3000	1600		1200	1400	”		
	VIII	1485	2400	1400		1000	1500	”		
	IX	1345	2100	1200		1050	1200	”		
2	V	1000	2000	900	2400	700	1100	5000	2400	2390
	VI	1400	2500	1200		1000	1200	Те ж		
	VII	1500	3000	1300		1050	1300	”		
	VIII	1600	2500	1500		900	1400	”		
	IX	1500	2000	1300		700	1200	”		
3	V	900	2400	1000	2700	500	1000	4000	2700	2700
	VI	1200	2600	960		1200	1200	Те ж		
	VII	1300	2300	1000		700	1700	”		
	VIII	1400	3000	1200		900	1800	”		
	IX	1000	2100	1300		1200	1500	”		

Продовження табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	V	1300	1800	1200	2400	1000	1200	3000	2100	2800
	VI	1700	2600	1400		1200	1300	Те ж		
	VII	2100	3000	1600		1200	1400	”		
	VIII	1500	2400	1300		1100	1500	”		
	IX	1300	2100	1200		1050	1200	”		
5	V	1900	2400	1000	2600	500	1000	2000	2500	2700
	VI	1200	2600	960		1200	1200	Те ж		
	VII	1300	2300	900		500	1700	”		
	VIII	1600	3000	1200		900	1800	”		
	IX	1000	2100	1360		1200	1500	”		
6	V	2900	1400	1100	2400	1500	1100	3000	2400	2710
	VI	1100	1600	870		1100	1400	Те ж		
	VII	1200	2200	920		600	1750	”		
	VIII	1400	3300	1100		1000	1810	”		
	IX	900	2200	1460		1100	1550	”		
7	V	1286	1870	1250	1950	1000	1200	6600	2000	1880
	VI	1730	2650	1410		1100	1300	Те ж		
	VII	2150	3120	1670		1200	1400	”		
	VIII	1540	2420	1490		1000	1500	”		
	IX	1321	2120	1210		1050	1200	”		

Продовження табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	V	1200	1810	1200	2300	1060	1200	3300	2120	2900
	VI	1731	2620	1440		1260	1300	Те ж		
	VII	2111	3040	1690		1210	1400	”		
	VIII	1555	2460	1399		1130	1500	”		
	IX	1340	2120	1250		1050	1200	”		
9	V	2900	2300	1210	3600	1500	1100	2500	2900	2200
	VI	3200	1600	1960		2200	1600	Те ж		
	VII	2300	2300	2900		1500	1980	”		
	VIII	2600	4100	1260		1900	1860	”		
	IX	900	3200	2360		2200	1541	”		
10	V	2902	1100	1000	1400	1590	1800	3300	1500	2750
	VI	1105	1200	830		1000	1400	Те ж		
	VII	1230	2300	921		800	750	”		
	VIII	1500	3400	1230		900	810	”		
	IX	990	2500	1760		1120	1590	”		

Таблиця 7 – Вхідні дані для розрахунків кратності розведення та коефіцієнта змішання

№ варіанта	Річка – пункт	$Q_p$ , м <sup>3</sup> /с	$Q_{ст}$ , м <sup>3</sup> /с	$C_{ст}$ , мг/дм <sup>3</sup>	$C_{max}$ , мг/дм <sup>3</sup>
1	р. Айдар – с. Княжино	2,80	3,46	50	10
2	р. Айдар – с. Містки	3,80	5,48	180	150
3	р. Красна – с. Сватово	3,60	2,31	100	50
4	р. Красна – с. Нижня Дуванка	2,70	2,21	29	24
5	р. Красна – с. Миловатка	2,62	3,91	200	134
6	р. Хорино – с. Першотравневе	2,53	3,12	45	39
7	р. Дуваночка – с. Верхня Дуванка	4,50	4,24	175	76
8	р. Дуваночка – с. Яблунівка	4,32	2,23	123	115
9	р. Жеребець – с. Ковалівка	3,72	2,16	35	25
10	р. Зубра – с. Димівка	2,40	4,24	165	125

Таблиця 8 – Вхідні дані для розрахунків трансформації неконсервативних забруднювальних речовин

№ варіанта	Річка – пункт	$C_0$ , мг/дм <sup>3</sup>	$t$ , д
1	р. Айдар – с. Княжино	125	10
2	р. Айдар – с. Містки	220	20
3	р. Красна – с. Сватово	215	24
4	р. Красна – с. Нижня Дуванка	110	5
5	р. Красна – с. Миловатка	55	30
6	р. Хорино – с. Першотравневе	135	120
7	р. Дуваночка – с. Верхня Дуванка	140	13
8	р. Дуваночка – с. Яблунівка	155	25
9	р. Жеребець – с. Ковалівка	160	4
10	р. Зубра – с. Димівка	175	145

Таблиця 9 – Вхідні дані для визначення ефективності очищення стічних вод від нітритів

$$C_{ГДК} = 3 \text{ мг/дм}^3$$

№ варіанта	Річка – пункт	$C_{ст.оч}$ , мг/дм <sup>3</sup>	$C_{ст}$ , мг/дм <sup>3</sup>	$C_p$ , мг/дм <sup>3</sup>	$n$
1	р. Айдар – с. Княжино	2,5	4,8	1,4	0,1
2	р. Айдар – с. Містки	1,7	2,1	0,9	2,3
3	р. Красна – с. Сватово	1,85	3,4	0,7	0,5
4	р. Красна – с. Нижня Дуванка	1,3	1,9	0,8	3,6
5	р. Красна – с. Миловатка	1,4	1,7	0,7	3,1
6	р. Хорино – с. Першотравневе	4,1	6,6	0,1	0,9
7	р. Дуваночка – с. Верхня Дуванка	0,5	2,1	3,0	2,8
8	р. Дуваночка – с. Яблунівка	3,4	7,9	0,2	4,1
9	р. Жеребець – с. Ковалівка	0,8	3,5	0,3	3,1
10	р. Зубра – с. Димівка	3,9	2,0	1,1	0,6

Таблиця 10 – Вхідні дані для побудови кривих забезпеченості середньої концентрації забруднювальних речовин

№ варіанта	Річка – пункт	Забезпеченість витрат води $P$ , %					
		8	20	50	75	90	95
1	р. Айдар – с. Княжино	2,76	2,61	2,47	1,21	0,89	0,45
2	р. Айдар – с. Містки	3,80	3,60	3,45	2,21	1,91	1,47
3	р. Красна – с. Сватово	3,60	3,50	3,25	2,11	1,96	1,57
4	р. Красна – с. Нижня Дуванка	2,70	2,40	2,15	1,50	0,83	0,76
5	р. Красна – с. Миловатка	2,62	2,56	2,25	1,11	0,96	0,57
6	р. Хорино – с. Першотравневе	2,53	2,36	2,15	1,41	1,06	0,32
7	р. Дуваночка – с. Верхня Дуванка	4,50	3,80	3,16	2,40	1,15	0,64
8	р. Дуваночка – с. Яблунівка	4,32	3,73	3,01	2,50	1,05	0,74
9	р. Жеребець – с. Ковалівка	3,72	3,53	3,01	2,02	1,06	0,65
10	р. Зубра – с. Димівка	2,40	1,50	1,00	0,70	0,50	0,30

Таблиця 11 – Вхідні дані для розрахунків гідрологічних показників забрудненості водного потоку

№ варіанта	Норма стоку $Q_0, \text{м}^3/\text{с}$	Концентрація забруднювальної речовини в стічних водах $C_{ст}, \text{мг}/\text{дм}^3$	$C_{ГДК},$ $\text{мг}/\text{дм}^3$
1	3,44	50	10
2	5,48	180	25
3	2,31	100	10
4	2,21	29	5
5	3,91	200	40
6	3,12	45	5
7	4,24	175	20
8	2,23	123	10
9	2,16	35	5
10	3,87	180	30

Таблиця 12 – Величини витрат води заданої забезпеченості  $P, \%$

$P, \%$	20	50	75	90	95
$Q_p, \text{м}^3/\text{с}$	25,7	19,3	14,4	10,6	9,1
$B, \text{м}$	128	103	84	70	68



Таблиця 13 – Вхідні дані для розрахунків кратності розведення

№ варіанта	ГДК <sub>умов</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	Концентрація забруднювальної речовини в стічних водах $C_{ст}$ , мг/дм <sup>3</sup>	Кратність розведення	Тип річки
1	0,5	25	2-кратне	малі гірські річки
2	0,2	20	5-кратне	малі рівнинні річки
3	0,1	15	10-кратне	середні рівнинні і передгірські річки
4	0,05	10	20-кратне	середні гірські річки
5	0,025	5	40-кратне	великі рівнинні річки
6	0,05	35	20-кратне	великі рівнинні річки
7	0,2	40	10-кратне	малі рівнинні річки
8	0,15	55	40-кратне	середні рівнинні і передгірські річки
9	0,55	60	2-кратне	середні гірські річки
10	0,055	75	5-кратне	малі гірські річки

Таблиця 14 – Вхідні дані для розрахунків збитків

Al (органічні речовини)=0,3 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>

Al (завислі речовини)=0,1 мг/дм<sup>3</sup>

Al (нафтопродукти)=20 мг/дм<sup>3</sup>

№ варіанта	Витрати зворотних вод $V$ , м <sup>3</sup> /д	Тривалість над- нормованого скиду $T$ , д	Середня фактична концентрація забруднювальних речовин в зворотних водах $C_{с.ф.}$ , мг/дм <sup>3</sup>		
			органічні речовини, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	нафто- продукти, мг/дм <sup>3</sup>
1	10000	10	110	68,7	7,9
2	11000	15	15	35	3,5
3	12000	20	30	69,7	4,7
4	13000	25	104	23,4	8,8
5	14000	30	130	33	2,3
6	15000	35	13	23,5	7,1
7	17000	40	23	54,9	4,3
8	18000	45	100	32,9	5,7
9	19000	50	50	25	9,1
10	20000	55	35	12,9	2,3

Таблиця 15 – Вхідні дані для розрахунків збитків  
від забруднення сировиною та сміттям

№ варіанта	Маса скинутих нафтопродуктів $M$ , кг	Термін роботи судна $T$ , год	Площа водної поверхні $S$ , м <sup>2</sup>	Маса сміття $W$ з 1 м <sup>2</sup> , кг		
				$\Delta W_1$	$\Delta W_2$	$\Delta W_3$
1	210	2	89	4,5	4,3	4,1
2	320	3	111	5,6	5,8	5,9
3	450	5	125	6,5	6,8	6,2
4	510	6	146	3,1	3,8	3,5
5	600	8	218	2,1	2,0	2,4
6	360	5	213	1,6	1,0	1,1
7	210	4	107	4,9	4,4	4,4
8	240	2	100	3,9	4,2	4,1
9	380	1	101	2,5	2,9	2,7
10	490	7	207	3,8	3,7	3,5

Таблиця 16 – Вхідні дані для розрахунку порівняльної економічної ефективності способом попарного порівняння

№ варіанта	Галузі водного господарства	Річні витрати $C_1$ , млн грн	Річні витрати $C_2$ , млн грн	Капітальні вкладення $K_1$ , млн грн	Капітальні вкладення $K_2$ , млн грн
1	Комплексні гідровузли	2,1	2,5	8,3	6,2
2	Гідроенергетика	2,5	3	9	7
3	Водний транспорт	3	3,7	8,4	3,4
4	Зрошення	2,2	2,9	8,2	6,3
5	Обводнення	1,9	1,1	0,7	2,1
6	Осушення	4,2	3,9	8	10
7	Водопровід і каналізація	3,6	2,7	7,5	8,7
8	Рибне господарство	4,1	3,1	2	4
9	Комплексні гідровузли	5,3	6,9	6	4
10	Водний транспорт	8,3	8,9	9,8	4,8

Таблиця 17 – Вхідні дані для розрахунку порівняльної економічної ефективності на мінімум приведених затрат

№ варіанта	Галузі водного господарства	Нормативний коефіцієнт порівняльної економічної ефективності $E_n$	Поточні затрати кожного варіанта $C_i$ , млн грн		Капітальні вкладення кожного варіанта $K_i$ , млн грн	
			$C_1$	$C_2$	$K_1$	$K_2$
1	Комплексні гідровузли	0,10	0,195	1,145	3,0	2,1
2	Гідроенергетика	0,12	1,234	2,674	3,5	3,9
3	Водний транспорт	0,11	0,775	0,321	4,0	1,6
4	Зрошення	0,17	1,197	1,032	5,0	4,7
5	Обводнення	0,20	0,287	0,698	6,0	7,0
6	Осушення	0,25	2,111	2,006	7,0	3,3
7	Водопровід і каналізація	0,14	0,327	0,162	8,0	7,4
8	Рибне господарство	0,17	1,943	2,156	9,0	8,2
9	Комплексні гідровузли	0,10	1,345	1,274	9,5	9,3
10	Водний транспорт	0,15	0,187	0,217	10,1	9,8

Таблиця 18 – Вхідні дані для визначення загальної економічної ефективності капітальних вкладень

№ варіанта	Галузі водного господарства	Ціна продукції $C$ , млн грн	Витрати виробництва $C_{в.в.}$ , млн грн	Капітальні вкладення $K$ , млн грн
1	Комплексні гідровузли	2,58	1,192	8,531
2	Гідроенергетика	2,58	0,235	13,231
3	Водний транспорт	2,58	1,745	4,798
4	Зрошення	2,58	1,297	11,921
5	Обводнення	2,58	2,342	2,145
6	Осушення	2,58	2,133	2,932
7	Водопровід і каналізація	2,58	2,531	0,387
8	Рибне господарство	2,58	1,989	4,133
9	Комплексні гідровузли	2,58	1,455	5,991
10	Водний транспорт	2,58	1,329	7,221

## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1982. – 440 с.
2. Бесценная М.А., Орлов В.Г. Практикум по оценке загрязненности водных объектов: Учебное пособие. – Л.: изд. ЛПИ, 1983. – 54 с.
3. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: Навчальний посібник. – К.: Т-во «Знання», 2007. – 422 с.
4. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник. – К.: Вища школа, 2005. – 671 с.
5. Захарова М.В. Гідроекологічні основи водного господарства. Практикум: Навчальний посібник. – Одеса: «Екологія», 2010. – 110 с.
6. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація: Підручник. – «Кондор», 2009. – 288 с.
7. Левківський С.С., Падун М.М. Раціональне використання і охорона водних ресурсів: Підручник. – К.: Либідь, 2006. – 280 с.
8. Методические основы оценки антропогенного влияния на качество поверхностных вод // Под ред. А.В. Караушева. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – 174 с.
9. Нежиховский Р.А. Гидролого-экологические основы водного хозяйства. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – 230 с.
10. Чернов М.І. Гідроекологічні основи водного господарства: Конспект лекцій. – Дніпропетровськ: «Економіка», 2005. – 75 с.

ЗБІРНИК МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК  
ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ  
«ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА»

Укладачі: Захарова М.В., Катинська І.В.

Підп. до друку  
Умовн. друк. арк.

Формат 60×84/16  
Наклад 50

Папір  
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

---

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

---



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ  
УКРАЇНИ**

**ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ЗБІРНИК  
МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК**

до практичних робіт з дисципліни  
**«ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА»**

**“Затверджено”**

на засіданні методичної комісії  
природоохоронного факультету  
Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_ . \_\_\_\_ 2011 р.  
Голова комісії \_\_\_\_\_ Шекк П.В.  
(підпис)

**“Затверджено”**

на засіданні кафедри  
гідроекології і водних досліджень  
Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_ . \_\_\_\_ 2011 р.  
Зав. кафедри \_\_\_\_\_ Лобода Н.С.  
(підпис)

**Одеса -2011**