

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ЗБІРНИК
МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК**

до практичних робіт з дисципліни
«ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА»

Одеса – 2009

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

для студентів V курсу природоохоронного факультету
Спеціальність: екологія та охорона навколишнього середовища
Спеціалізація: гідроекологія

«Затверджено»
на засіданні методичної комісії
природоохоронного факультету
Протокол № ____ від ____ _____ 2008 р.

Гідроекологічні основи водного господарства. Збірник методичних вказівок до виконання практичних робіт з дисципліни «Гідроекологічні основи водного господарства». / Захарова М.В. – Одеса, ОДЕКУ, 2009. – 47 с.

Методичні вказівки призначені для студентів V курсу денної форми навчання за спеціальністю «Екологія та охорона навколишнього середовища», спеціалізація «Гідроекологія».

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	4
1 ГІДРОЕКОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГОСПОДАРСЬКОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	5
1.1 Розрахунки демографічної місткості території	5
1.2 Врахування загальних потреб до складу та властивостей води водойм призначених для господарсько-питного використання	6
1.3 Розрахунки загальних витрат води господарсько-питного водопостачання	8
2 ВІДВЕДЕННЯ ВІДРОБЛЕНИХ СТІЧНИХ ВОД	11
2.1 Розрахунок витрат виробничих та побутових стічних вод від підприємства міста.....	11
2.2 Розрахунок режиму роботи ставка-накопичувача.....	12
3 ПРОЦЕСИ, ЯКІ ФОРМУЮТЬ ЯКІСТЬ ВОДИ ОБ'ЄКТІВ, ПРИЙМАЮЧИХ СТІЧНІ ВОДИ.....	16
3.1 Розбавлення стічних вод	16
3.2 Трансформація забруднювальних речовин.....	17
4 ІНТЕГРАЛЬНІ ПОКАЗНИКИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВОДИ І ЗАБРУДНЕНОСТІ РІЧОК ТА ВОДОЙМ.....	20
4.1 Обчислення гідрологічних показників середньої забрудненості та загального навантаження потоку консервативними забруднювальними речовинами.....	20
4.2 Розрахунок кратності розбавлення методом номограм.....	22
5 РОЗРАХУНОК РОЗМІРІВ ЗБИТКІВ, ЗАПОДІЯНИХ ВНАСЛІДОК ЗАБРУДНЕННЯ ВОД	26
6 ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ ВОДОГОСПОДАРСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ І СИСТЕМ.....	29
ДОДАТОК.....	31
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	46

ПЕРЕДМОВА

Навчальна дисципліна «Гідроекологічні основи водного господарства» відноситься до циклу професійно орієнтованих дисциплін, для спеціальності «Екологія та охорона навколишнього середовища» шифр 7.070801.

Мета курсу полягає в розвитку у студентів цілісного уявлення про процеси та їх динаміку в водах річок, озер, водосховищ, підземних вод, скидних водах від промислових об'єктів та сільськогосподарських угідь.

В результаті вивчення дисципліни «Гідроекологічні основи водного господарства» студенти повинні знати основні джерела водопостачання промисловості, комунально-побутового господарства в містах та селах, забезпечення меліоративних комплексів з метою зрошення, основні потреби в кількості та якості води для промисловості, сільського та рибного господарства, для судноплавства, для розвитку рекреаційних зон та інше.

Після вивчення дисципліни студенти повинні вміти проводити оцінку комплексного використання водного об'єкту в сучасному стані, розраховувати демографічну місткість території, визначати ГДК і обчислювати їх значення на час досліджень, визначати зони впливу та забруднення, відрізняти забруднення водойм мінеральними, органічними, бактеріологічними, біологічними речовинами та організмами, визначати наявність забруднювальних речовин в водоймах.

Ця методична розробка є допоміжним матеріалом для виконання студентами практичних робіт і складається з 6 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 складає 55 балів, з них на перший практичний модуль припадає 35 балів, на другий практичний модуль – 20 балів.

1 ГІДРОЕКОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГОСПОДАРСЬКОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

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 більш ускладнилося в вік науково-технічного прогресу, хімізації сільського господарства, росту чисельності населення, збільшення обсягів виробництва.

Діючі системи водопостачання – від простої криниці до складного комплексу споруд в великих містах, можливо класифікувати різними способами:

- за характером водних джерел (поверхневі, підземні);
- за цільовим призначенням (господарсько-питні, виробничі, сільськогосподарські, протипожежні);
- за видами обслуговування об'єктів (міські, сільські, тваринницькі комплекси);
- за територіальним охопленням водоспоживачів (місцеві, централізовані);
- за характером водокористування водою (зворотні, послідовного використання).

Крім того, кожна з перелічених схем водопостачання має ті або інші різновиди. Так в межах великого міста вода використовується для задоволення питних та господарсько-побутових потреб населення, на потреби громадських, комунально-побутових, культурно-просвітніх, лікарсько-профілактичних та інших установ, на задоволення потреб промислових підприємств, поливання вулиць та зелених насаджень, на гасіння пожеж.

Кількість води, яка йде на задоволення господарсько-питних потреб людей, визначається в залежності від виду та обсягу виробництва та ін.

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

Район (кліматична зона)	Роки		
	1985	1990	2000
Територія України	420-450	460-520	480-560

Менші цифри в табл. 1.1 відносяться до міст з не дуже розвинутою промисловістю, а більші – до міст с розвинутою промисловістю.

В середньому в містах на частку промисловості доводиться 30-40%, а

інколи 60-70% сумарного 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 розбавлення та очистки стічних вод. Крім того, згідно екологічних міркувань не рекомендується використовувати стік дуже маленьких водотоків з середньою багаторічною витратою води 0,3-0,5 м³/с та менше.

З урахуванням відміченого, демографічна місткість території по поверхневих водах складає

$$E = Q_{\text{пр}} / (Q_{\text{пит}} R \cdot 1000), \quad (1.1)$$

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

$Q_{\text{пр}}$ – сумарний приплив річкових вод на межі території, що розглядається, м³/добу (в річках з середньою річною витратою більше 0,3-0,5 м³/с);

$Q_{\text{пит}}$ – об'єм води, необхідний одному мешканцю (в північних районах 1 м³/добу, в південних – 2 м³/добу);

R – оптимальна кратність розбавлення (в північних районах $R=10$, в південних – $R=4$).

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

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 см³ води) та Колі-індекс (кількість кишкових паличок в 1 дм³ 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 риб, 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).

Кожна ГДК відноситься до однієї із трьох ознак, що лімітують шкідливість (ЛОШ): органолептичні (які сприймаються безпосередньо органами почуттів людини), санітарні 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. Якщо в природній воді є декілька речовин однієї ЛОШ, то в силу принципу їх сумісної дії (тобто адитивності) повинні виконуватися наступні умови

$$C_1 / \text{ГДК}_1 + C_2 / \text{ГДК}_2 + \dots + C_n / \text{ГДК}_n \leq 1,0, \quad (1.2)$$

де C_1, C_2, C_n – концентрації шкідливих речовин, що належать до певної групи ЛОШ, мг/дм³;

$\text{ГДК}_1, \text{ГДК}_2, \text{ГДК}_3$ – відповідні ГДК, мг/дм³.

В деяких закордонних державах принцип сумісної дії визначається за формулою

$$(C_1/\text{ГДК}_1)^2 + (C_2/\text{ГДК}_2)^2 + \dots + (C_n/\text{ГДК}_n)^2 \leq 1,0. \quad (1.3)$$

Таблиця 1.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в природній воді для господарсько-побутового використання, мг/дм³

Речовини	Клас небезпеки	Ознака, що лімітує шкідливість (ЛОШ)	ГДК
Залізо загальне (Fe^{2+})	3	Органолептична	0,3
Марганець загальний (Mn^{2+})	3	Те ж	0,1
Мідь (Cu^{2+})	3	”	1,0
Хром (Cr^{3+})	3	”	0,1
Нафтопродукти	4	”	0,3
Феноли	4	”	0,001
Цинк (Zn^{2+})	3	Загальносанітарна	1,0
Іон амонію (NH_4^-)		Санітарно-токсикологічна	2,0
Ртуть (Hg^{2+})	1	Те ж	0,0005
Свинець (Pb^{2+})	2	”	0,03
Миш'як (As^{3+})	2	”	0,05
Нікель (Ni^{2+})	3	”	0,1
Алюміній (Al)	2	”	0,5
Фтор (F^{3-})	2	”	1,5
Іон нітрату (NO_3^-)		”	10,0

1.3 Розрахунки загальних витрат води господарсько-питного водопостачання

Фізіологічні потреби людини в воді, тобто кількість води яка вживається організмом з питтям та їжею, складає від 2,0-2,6 л/добу в умовах холодного клімату і до 3,5-5,0 л/добу в умовах жаркого клімату. Основна маса води витрачається на господарські потреби – готування їжі, прання, миття та ін. Потреби в господарсько-питному водопостачанні

розраховуються по питомих нормах на душу населення та по ступеню благоустрою населеного пункту (табл. 1.3). В сучасних містах приблизно 60% всієї води йде на задоволення особистих потреб людей, 30% витрачається на комунальних підприємствах та ще 10% – на підтримку чистоти та пожежогасіння.

Таблиця 1.3 – Норми господарсько-питного водопостачання та коефіцієнта добової нерівномірності

№ п/п	Ступінь благоустрою населеного пункту	Норма вживання q , л/добу на 1 людину	Коефіцієнт добової нерівномірності $K_{\text{доб}}$
1	Будинок без водопроводу та каналізації	30-50	1,20-1,33
2	Будинок з водопроводом та каналізацією без ванни	125-150	1,12-1,15
3	Будинок з водопроводом, каналізацією та ванною з газовою колонкою	180-230	1,09-1,11
4	Будинок з водопроводом, каналізацією, ванною та гарячим централізованим водопостачанням	275-400	1,05-1,09

Примітка. Найбільше значення відноситься до південних районів, найменше – до північних.

Зазвичай обладнується станція першого підйому, яка подає воду на очисні споруди, і станція другого підйому для подання води в водонапірно-регулюючий резервуар. Перша працює з майже постійною витратою впродовж доби, друга – з перемінною. З врахуванням коефіцієнтів добової і годинної нерівномірності ($K_{\text{доб}}$, $K_{\text{год}}$) **загальна витрата води** (Q , м³/с), на яку розраховується система господарсько-питного водопостачання, має наступний вигляд

$$Q = N \cdot q \cdot K_{\text{доб}} K_{\text{год}} / (86,4 \cdot 10^6), \quad (1.4)$$

де Q – загальна витрата води для потреб господарсько-питного водопостачання, м³/с;

N – чисельність населення, тис. чол.;

q – норма води, л/добу на 1 людину;

$K_{\text{доб}}$ – коефіцієнт добової нерівномірності;

$K_{\text{год}}$ – коефіцієнт годинної нерівномірності.

Коефіцієнт $K_{\text{год}} = \alpha_{\text{год}} \beta_{\text{год}}$. Причому параметр $\alpha_{\text{год}}$ враховує такі місцеві умови, як режим роботи підприємств, благоустрій будинків та ін. (зазвичай $\alpha_{\text{год}} = 1,2 \div 1,4$), а параметр $\beta_{\text{год}}$ приймається в залежності від чисельності населення (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Значення параметра $\beta_{\text{год}}$

Чисельність, тис. чол.	$\leq 1,0$	2,5	6,0	10	20	50	100	≥ 300
$\beta_{\text{год}}$	2,0	1,6	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,0

Найбільша кількість води необхідна влітку, коли населення часто користується ваннами, і багато води витрачається на поливання вулиць і зелених насаджень. Впродовж доби максимум споживання доводиться на ранкові та денні години.

Контрольні питання

1. Які діючі 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. Як розраховуються загальні витрати води господарсько-питного водопостачання?

Завдання

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

2. Оцінити якість води для господарсько-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.

3. Необхідно підрахувати загальні витрати води для господарсько-питного водопостачання для населених пунктів за формулою (1.4) згідно з вхідними даними свого варіанта (додаток, табл. 3.).

4. Зробити висновки по кожному з виконаних завдань.

Перед початком розрахунків необхідно звернути увагу на те, що для північних районів номер варіанта парний, для південних – непарний.

2 ВІДВЕДЕННЯ ВІДРОБЛЕНИХ СТІЧНИХ ВОД

2.1 Розрахунок витрат виробничих та побутових стічних вод від підприємства міста

Стічні води, що утворюються на промислових підприємствах міст, поділяють на виробничі, побутові та атмосферні. Виробничі стічні води, у свою чергу, поділяють на дві категорії – забруднені й незабруднені (умовно чисті). Крім того, забруднені стічні води залежно від вмісту домішок поділяють на три групи:

- забруднені переважно мінеральними домішками (підприємства металургійної, гірничодобувної промисловості, хімічні заводи з виробництва мінеральних добрив, кислот, будівельних матеріалів тощо);
- забруднені здебільшого органічними речовинами (підприємства харчової, целюлозно-паперової, хімічної та мікробіологічної промисловості, заводи з виробництва каучуку, пластмас тощо);
- забруднені мінеральними та органічними домішками (нафтопереробна, нафтодобувна, нафтохімічна, легка і харчова промисловість, підприємства з органічного синтезу).

За ступенем мінералізації стічні води поділяють на три групи. До першої групи належать стічні води з мінералізацією до 3 кг/м^3 . Стічні води другої групи мають мінералізацію $3\text{-}15 \text{ кг/м}^3$. До третьої групи належать стічні води з мінералізацією понад 15 кг/м^3 .

Виробничі стічні води за концентрацією органічних домішок поділяють на чотири категорії, мг/дм^3 : I – до 50; II – 500-5000; III – 5000-30000; IV – понад 30000.

Незабруднені виробничі стічні води надходять із теплообмінних, холодильних і компресорних апаратів, утворюються у процесі охолодження продуктів виробництва і виробничого обладнання. Забруднені стічні води утворюються на різних стадіях технологічного процесу.

Залежно від виду та концентрації забруднювальних речовин, кількості стічних вод і місця їх утворення виробничі стічні води відводять одним загальним або кількома самостійними потоками. За відсутності чітко визначених видів забруднювачів усі виробничі стічні води об'єднують в один потік. Практично чисті води від допоміжних операцій зазвичай відводять одним потоком. Інколи їх об'єднують зі зливовими (дощовими) водами.

На кількість і склад виробничих стічних вод значно впливає система водопостачання. Що більше використовується вода оборотного циклу на технологічні потреби, то менша абсолютна кількість стічних вод та більше

міститься у них забруднень. Норма водовідведення – встановлена середня кількість стічних вод, що відводиться з підприємства у водойму за доцільної норми водоспоживання. **Норма водовідведення** – це кількість стічних вод (очищених виробничих і побутових), які скидають у водойму. Укрупнені норми водовідведення виражають у кубічних метрах води на одиницю готової продукції або використаної сировини. Ці норми дають змогу оцінити раціональність використання води на підприємстві.

У різних галузях промисловості укрупнені норми водовідведення (N) коливаються у досить широких межах.

Розрахункові витрати виробничих стічних вод $Q_{\text{доб}}$ ($\text{м}^3/\text{добу}$), які надходять на очисні споруди, визначають за формулою

$$Q_{\text{доб}} = N \cdot M, \quad (2.1)$$

де N – норма водовідведення на одиницю продукції або маси сировини, м^3 ;

M – число одиниць продукції або маса сировини, яку переробляють за добу.

Об'єм побутових стічних вод підприємства складається із витрат стічних вод від душових установок, пральних цехів, їдалень тощо. Витрати душових установок Q_n ($\text{м}^3/\text{год}$) за зміну розраховують за формулою

$$Q_n = 0,375 \cdot N_g, \quad (2.2)$$

де N_g – кількість душових установок на підприємстві, шт.

Значення N_g залежить від санітарних умов технологічного процесу виробництва і загальної кількості робітників.

2.2 Розрахунок режиму роботи ставка-накопичувача

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

- Накопичувач-регулятор. В ньому зазвичай води накопичуються впродовж літньо-осінньої межени, а потім повністю або частково скидаються в річку в період повені. Інколи скидання може проводитися на протязі всього року. В будь-якому випадку ставок-накопичувач повинен трансформувати майже постійний гідрограф притоку стічних вод та нерівномірний гідрограф віддачі з врахуванням витрат води в річці, а також концентрації солей в

стічній та річковій воді.

- Накопичувач-випарник. Він зазвичай будується в районах з сухим та жарким кліматом. В нього скидають стічні води, які недоцільно використовувати або неможливо повернути до річки. 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 на випаровування.
- Накопичувач-відстійник (або накопичувач-освітлювач). В такому ставку проходить осадження твердих речовин. Освітлена вода скидається в річку або повторно використовується в промисловому водопостачанні. Застосовується також для змішання стічних вод різних виробництв. 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.

Ставок-накопичувач для зрошення збирає частково очищені стічні води невеликих населених пунктів або тваринницьких комплексів. В сезон вегетації воду використовують для зрошення. Подібні ставки інколи називають біологічними ставками.

Ставки-накопичувачі інколи класифікуються 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 ставки-накопичувачі 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 самим важливим є питання про такий режим роботи ставка-накопичувача, при якому скидання з нього сильно мінералізованих стічних вод не призводив би до недопустимого підвищення мінералізації річних вод.

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

Для обраної одиниці часу (зазвичай місяць):

рівняння водного балансу ставка-накопичувача записується таким чином:

$$W_{\text{пр}} + W_{\text{оп}} = W_{\text{ст}} + W_{\text{вип}} + (W_{\text{кін}} - W_{\text{поч}}), \quad (2.3)$$

рівняння сольового балансу ставка-накопичувача записується таким чином:

$$W_{\text{пр}}C_{\text{пр}} = W_{\text{ст}}C_{\text{ст}} + (W_{\text{кін}}C_{\text{кін}} - W_{\text{поч}}C_{\text{поч}}), \quad (2.4)$$

де $W_{\text{пр}}$ – об'єм води, що надходить в ставок, м³;

$C_{\text{пр}}$ – мінералізація води, що надходить в ставок, г/дм³;

$W_{\text{ст}}$ – об'єм води, що виходить зі ставка, м³;

$C_{\text{ст}}$ – мінералізація води, що виходить зі ставка, г/дм³;

$W_{\text{оп}}$ – об'єм атмосферних опадів, що випали на водне дзеркало ставка, м³;

$W_{\text{вип}}$ – об'єм води, що випарувався з поверхні води, м³/с;

$W_{\text{поч}}$ – об'єм води в ставку на початку інтервалу часу, м³;

$C_{\text{поч}}$ – мінералізація води в ставку на початку інтервалу часу, г/дм³;

$W_{\text{кін}}$ – об'єм води в ставку на кінець інтервалу часу, м³;

$C_{\text{кін}}$ – мінералізація води в ставку на кінець інтервалу часу, г/дм³.

Надходження солей з атмосферними опадами не враховується.

В першому припущенні можна прийняти, що:

$$C_{\text{ст}} = 0,5(C_{\text{поч}} + C_{\text{кін}}), \quad (2.5)$$

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

$$\begin{aligned} C_{\text{кін}} = & (W_{\text{пр}}C_{\text{пр}} - 0,5W_{\text{ст}}C_{\text{ст}} + W_{\text{поч}}C_{\text{поч}}) / \\ & / (W_{\text{пр}} + W_{\text{оп}} - W_{\text{вип}} - 0,5W_{\text{ст}} + W_{\text{поч}}). \end{aligned} \quad (2.6)$$

Послідовні розрахунки за цим рівнянням дають уяву про зміну в часі концентрації солей в ставку-накопичувачі і взагалі в водосховищі будь-якого типу. Скидання води зі ставків-накопичувачів повинно обчислюватися з врахуванням потреб неперевикнення ГДК в контрольному створі річки нижче скидання.

Контрольні питання

1. На які три групи поділяють забруднені стічні води залежно від вмісту домішок?

2. Які групи стічних вод за ступенем мінералізації Ви можете назвати?

3. Які категорії стічних вод за концентрацією органічних домішок Ви знаєте?

4. Що називається нормою водовідведення?

5. Яким чином виконується розрахунок витрат виробничих та побутових стічних вод від підприємств міста?
6. Які види ставків-накопичувачів Ви знаєте? Яку функцію вони виконують?
7. Назвіть основні складові рівнянь водного та сольового балансів.
8. Як виконується обчислення мінералізації води в ставку на кінець інтервалу часу?

Завдання

1. Необхідно розрахувати орієнтовні витрати виробничих стічних вод підприємства за формулою (2.1), використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 4).
2. Визначити витрати побутових стічних вод від душових установок підприємства за умови співвідношення 5 робітників на 1 душову установку за формулою (2.2), використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 5).
3. Використовуючи залежності (2.5, 2.6) необхідно розрахувати зміни концентрації солей в ставку-накопичувачі в часі згідно з вхідними даними свого варіанта (додаток, табл. 6).
4. По розрахованих даних побудувати графік зміни мінералізації води в ставку на кінець інтервалу часу $C_{кін} = f(T)$, де T – місяці (додаток, табл. 6).
5. Зробити висновки.

3 ПРОЦЕСИ, ЯКІ ФОРМУЮТЬ ЯКІСТЬ ВОДИ ОБ'ЄКТІВ, ПРИЙМАЮЧИХ СТІЧНІ ВОДИ

3.1 Розбавлення стічних вод

Під розбавленням стічних вод розуміють процес зниження концентрації забруднювальних речовин, що входять в склад стічних вод, за рахунок змішання з водою річки або водойми. Встановлення характеру розподілу і ступеню розбавлення стійких хімічних домішок в водотоці або водоймі є гідравлічною задачею, для вирішення якої розроблена ціла низка методів розрахунку. Розрахунок розбавлення 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.

Оцінка якості води в певній точці (створі) водного об'єкту виконується шляхом порівняння максимальної концентрації забруднювальної речовини з гранично допустимою концентрацією (ГДК), що нормується правилами.

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

$$S_{п} = \frac{Q_p S_p + Q_{ст} S_{ст}}{Q_p + Q_{ст}}, \quad (3.1)$$

де Q_p – витрата води в річці, м³/с;

$Q_{ст}$ – витрата стічних вод, м³/с;

S_p – концентрація забруднювальної речовини, що досліджується, в воді річки, мг/дм³;

$S_{ст}$ – концентрація тієї же забруднювальної речовини в стічних водах, мг/дм³.

Зазвичай в практиці розрахунків розбавлення використовується поняття **кратності розбавлення** (n) і **коефіцієнта змішання** (γ).

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

$$n = \frac{S_{\text{ст}} + S_p}{S_{\text{макс}} + S_p}, \quad (3.2)$$

при $S_p = 0$

$$n = \frac{S_{\text{ст}}}{S_{\text{макс}}}. \quad (3.3)$$

Коефіцієнт змішання (γ), вперше введений І.Д. Родзіллером (1954 р.), показує, яка частина витрати води змішується зі стічними водами. Кратність розбавлення і коефіцієнт змішання пов'язані наступною залежністю:

$$n = \frac{Q_{\text{ст}} + \gamma Q_p}{Q_{\text{ст}}}, \quad (3.4)$$

або

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

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

3.2 Трансформація забруднювальних речовин

Разом з розбавленням стічних вод в водотоках та водоймах до зниження концентрації забруднювальних речовин приводять і біохімічні і фізико-хімічні процеси, що протікають в водних об'єктах. Одним із способів кількісної оцінки зниження концентрації за рахунок перелічених процесів є використання **коефіцієнтів неконсервативності** (k_H), що 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_H – 1/добу; 1/с.

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

$$S_t = S_0 \cdot e^{-(k_{H.1} + k_{H.2} + \dots + k_{H.n})t}, \quad (3.6)$$

де S_t , S_0 – концентрація речовини відповідно в початковий момент і в момент часу t , мг/дм³;

$k_{н.п}$ – коефіцієнти, що відносяться до одного з процесів перетворення речовини в водному об'єкті.

Таблиця 3.1 – Значення коефіцієнтів неконсервативності при 0°C

Забруднювальні речовини	Значення k_H , 1/с
Нафтопродукти	$-2 \cdot 10^{-7}$
Феноли	$-1,5 \cdot 10^{-6}$
СПАР	$-2,1 \cdot 10^{-7}$
Фосфор мінеральний	0
BCK_5	$-4 \cdot 10^{-7}$

В практиці допустимо вести розрахунок по основному процесу трансформації речовини, нехтуючи процесами, що мають другорядне значення. В цьому випадку розрахункове рівняння прийме наступний вигляд

$$S_t = S_0 \cdot e^{-k_H t}, \quad (3.7)$$

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).

Контрольні питання

1. Які процеси в водотоках і водоймах приводять до зниження концентрації забруднювальних речовин?
2. Що розуміється під процесом розбавлення?
3. Перелічіть основні складові рівняння балансу речовини.
4. Як виконується кратність розбавлення і коефіцієнт змішання?
5. Що характеризують поняття «кратність розбавлення» і «коефіцієнт змішання»?
6. Які процеси враховує коефіцієнт неконсервативності?
7. Яким чином виконується розрахунок процесу трансформації речовини?

Завдання

1. Необхідно розрахувати кратність розбавлення та коефіцієнт змішання за формулами (3.3) та (3.5) відповідно, використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 7).

2. Розрахувати трансформацію всіх забруднювальних речовин, наведених в табл. 3.1, за формулою (3.7), використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 8).

3. Зробити висновки.

4 ІНТЕГРАЛЬНІ ПОКАЗНИКИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВОДИ І ЗАБРУДНЕНOSTІ РІЧОК ТА ВОДОЙМ

4.1 Обчислення гідрологічних показників середньої забрудненості та загального навантаження потоку консервативними забруднювальними речовинами

Для оцінки якості води водойм питного, промислового, сільськогосподарського або рибогосподарського водокористування необхідно проводити 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 за зміною 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 гідрологічній ситуації у водних об'єктах.

Для аналізу впливу мінливості витрат води на гідрологічні показники її забрудненості використовують середню (узагальнену) криву тривалості (забезпеченості) добових витрат води, побудовану по відомостях про витрати, що відповідають тривалості 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 вибрати розрахункову витрату стічних вод ($Q_{ст}$) і репрезентативну забруднювальну речовину ($S_{ст}$) вміст якої лімітується відповідною ГДК. У разі відсутності даних про обсяги і концентрації стічних вод можна виконати умовний розрахунок: $Q_{ст.умов} = 0,1 \cdot Q_0$, (Q_0 – норма стоку, м³/с), $S_{ст.умов} = const$ і умовна ГДК.

Абсолютний показник загального навантаження

Загальне навантаження потоку консервативними речовинами або сумою речовин виражається середньою (у потоці) концентрацією $S_{п}$ цих речовин, що визначаються за умови балансу речовини (4.1). Величина $S_{п}$ у створі повного перемішування, виражає дійсне значення концентрації забруднювального інгредієнта; для створів, розташованих між місцем скидання стічних вод і створом повного перемішування, величина $S_{п}$ лише умовно характеризує середню концентрацію.

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

$$S_{\Pi} = \frac{Q_{ст} S_{ст}}{Q_p + Q_{ст}}, \quad (4.1)$$

де S_{Π} – середня концентрація забруднювальної речовини в потоці, мг/дм³;

Q_p – витрата води в річці, м³/с;

$Q_{ст}$ – витрата стічних вод, м³/с;

$S_{ст}$ – концентрація забруднювальної речовини в стічних водах, мг/дм³.

Показник S_{Π} дозволяє одержати повну характеристику навантаження потоку забруднювальними речовинами протягом будь-якого заданого періоду часу.

Оцінку мінливості показника S_{Π} в часі можна уявити як функцію забезпеченості P_Q добових витрат води річки багаторічного ряду спостережень. Якщо $Q_{ст}=\text{const}$ і $S_{ст}=\text{const}$, то забезпеченість середньої концентрації $P_{S_{\Pi}}$:

$$P_{S_{\Pi}} = (100 - P_Q), \%. \quad (4.2)$$

Показник перевищення і неперевіщення 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 $P_{заб}$ зручно користуватися наступним графічним способом. Будується крива забезпеченості S_{Π} і проводиться пряма, що відповідає ГДК, для даної забруднювальної речовини. На перетині кривої $S_{\Pi} = f(P)$ з прямою ГДК одержують точку, що дає забезпеченість $P_{заб}$ перевищення середньої концентрації речовини над нормованою. Кількість днів, коли вода в річці буде забрудненою $P_{заб.дн}$ розраховується за наступною формулою

$$P_{заб.дн} = \frac{P_{заб} \cdot T_{рік}}{S_{ст}}. \quad (4.3)$$

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

$$P_{\text{чист}} = (100 - P_{\text{заб}}), \% \quad (4.4)$$

Показник відносного і гранично допустимого навантаження потоку забруднювальною речовиною

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

$$\varphi' = \left(\frac{S_{\text{ст}}}{\text{ГДК}} - 1 \right) \frac{Q_{\text{ст}}}{Q_{\text{р}}} \quad (4.5)$$

Відношення (4.4) одержало назву **показника відносного навантаження потоку забруднювачем**, тобто $1 > \varphi' > 1$. Тут, як і для $S_{\text{п}}$, якщо $\varphi' > 1$ – вода брудна, якщо $\varphi' < 1$ – вода чиста; а $\varphi' = 1$ – відповідає граничним умовам навантаження водойми забруднювачем ($\varphi'_{\text{гран}}$).

4.2 Розрахунок кратності розбавлення методом номограм

Метод номограм дозволяє визначати параметри зон забруднення до створів із заданою кратністю розбавлення в залежності від мінливості основних гідрологічних чинників.

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

$$L_{\text{заб}} = \lambda_{B, \text{заб}} \cdot B, \quad (4.6)$$

$$\Omega_{\text{заб}} = \eta_{\text{заб}} \cdot \Omega_{\text{заг}}. \quad (4.7)$$

Оскільки зона забруднення (її довжина $L_{\text{заб}}$ і площа $\Omega_{\text{заб}}$) обмежується лінією, де концентрація забруднювальної речовини дорівнює

ГДК, а для різних речовин це значення досягається при різній кратності розбавляння (n), то може виникнути необхідність визначення цих параметрів ($L_{заб}$, $\Omega_{заг}$) практично при будь-яких значеннях кратності розбавляння. У роботах Державного гідрологічного інституту (ДГІ) побудовані залежності $\eta_{заб} = f(Q_{ст}/Q_p)$ при шести значеннях кратності розбавляння.

Залежність $\eta_{заб} = f(Q_{ст}/Q_p)$ наведена на рис. 4.1.

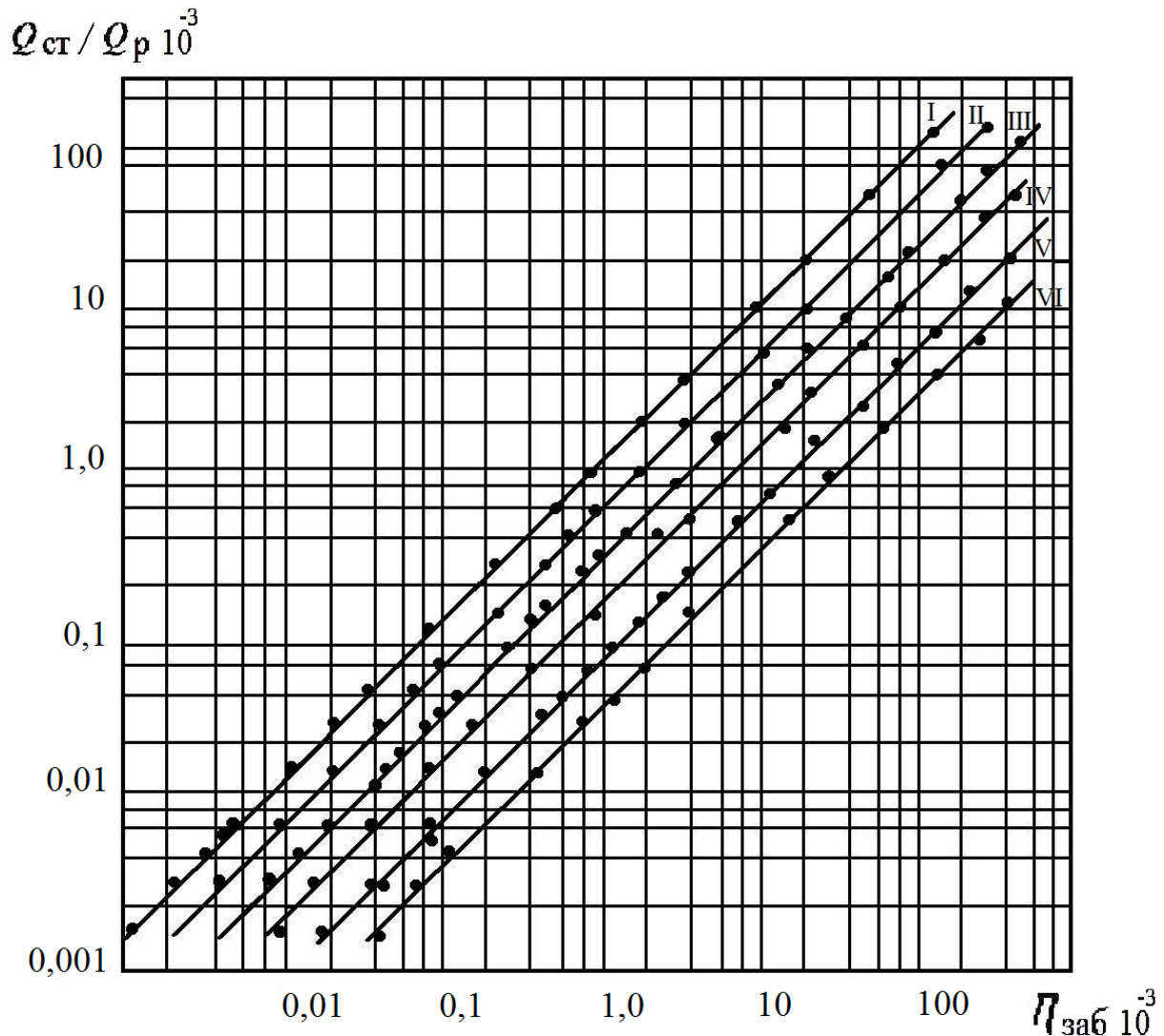


Рис. 4.1 – Залежність $Q_{ст}/Q_p$ від $\eta_{заб}$

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

Аналізуючи значення $\eta_{\text{заб}}$ і $\lambda_{B,\text{заб}}$ обчислені для річок, що відносяться до різних типів і груп, фахівцям ДГІ вдалося побудувати графіки зв'язку $\lambda_{B,\text{заб}} = f(\eta_{\text{заб}})$ для річок різних типів (рис. 4.2).

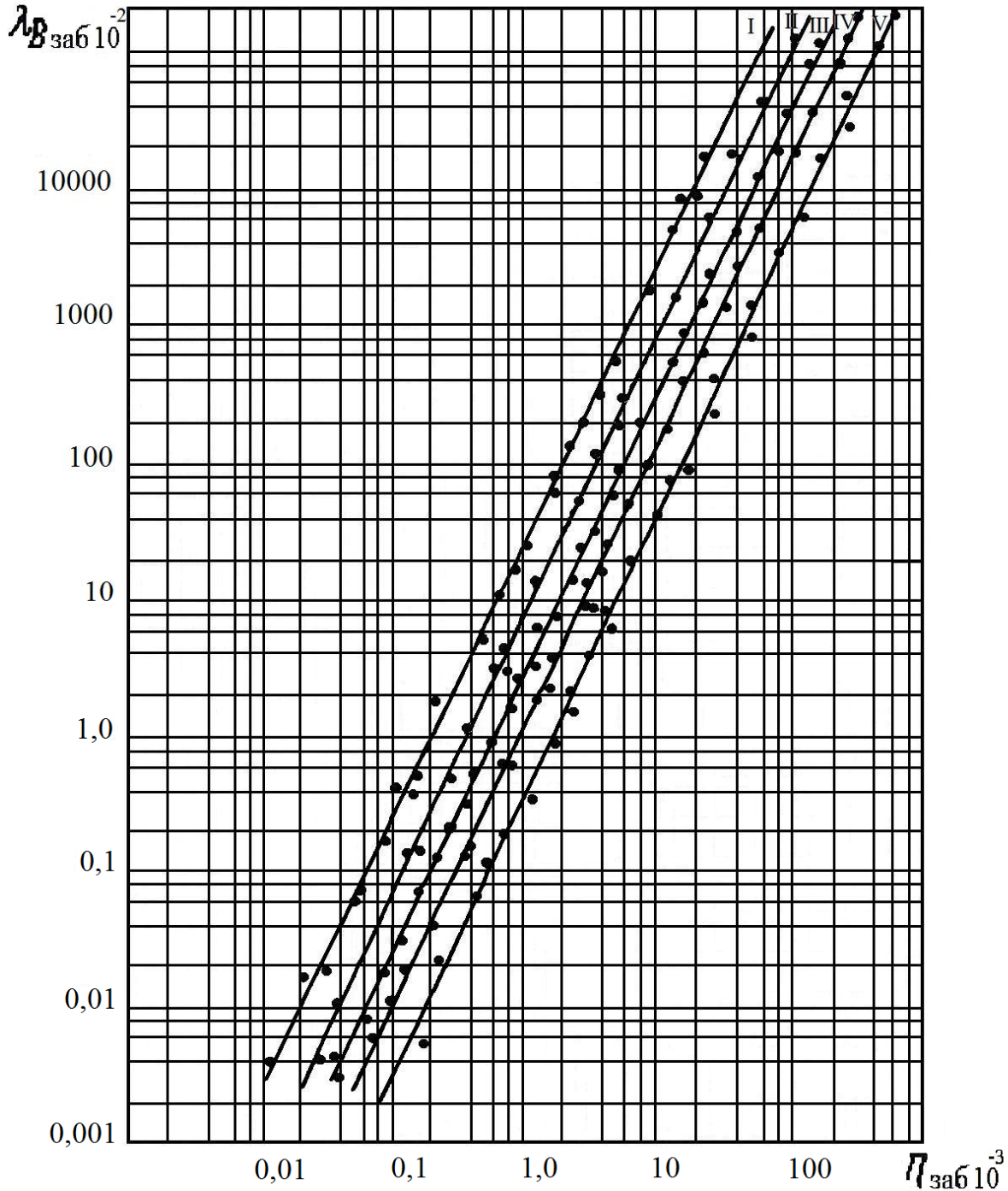


Рис. 4.2 – Графік зв'язку $\lambda_{\text{заб}} = f(\eta_{\text{заб}})$

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

V – малі гірські річки

Номограми, наведені на рис. 4.1 і 4.2 рекомендуються для визначення розмірів зон забруднення (їх довжин $L_{\text{заб}}$ і площ $\Omega_{\text{заб}}$) при будь-яких співвідношеннях витрат стічних і річкових вод й заданої кратності розбавляння.

Контрольні питання

1. Які інтегральні показники оцінки якості води й забрудненості водних об'єктів Ви можете назвати? Як виконується розрахунок цих показників?
2. Яким чином обчислюються абсолютні величини довжини і площі зони забруднення?
3. Для чого використовуються номограми, наведені на рис. 4.1 і 4.2?

Завдання

1. Необхідно, використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 9, табл. 10) за умови, що $Q_{\text{ст}} = \text{const} = 0,1 \cdot Q_0$ і концентрація речовини у воді річки $S_p = 0$, розрахувати величину абсолютного показника загального навантаження ($S_{\text{п}}$) за формулою (4.1) при заданих забезпечених витратах води в річці.

2. Побудувати криву забезпеченості середньої концентрації забруднювальних речовин $S_{\text{п}} = f(P_{S_{\text{п}}})$, використовуючи розраховані величини абсолютного показника загального навантаження ($S_{\text{п}}$) і значення забезпеченості середньої концентрації $P_{S_{\text{п}}}$, обчислені за формулою (4.2).

3. Визначити показник перевищення забрудненості над нормою $P_{\text{заб}}$ та $P_{\text{заб.дн}}$ за формулою (4.3) и показник неперевищення забрудненості щодо норми $P_{\text{чист.дн}}$ та $P_{\text{чист}}$ за формулою (4.4).

4. Обчислити показник відносного навантаження потоку забруднювальною речовиною φ' при розрахунковій витраті 95%-вої забезпеченості за формулою (4.5).

5. Використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 11) за умови, що здійснюється постійне скидання стічних вод з витратою $Q_{\text{ст}} = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$, визначити довжину зони забруднення ($L_{\text{заб}}$) за формулою (4.6) і площу забруднення ($\Omega_{\text{заб}}$) за формулою (4.7) при кожному з п'яти розрахункових значень витрати води в річці (додаток, табл. 12).

6. Зробити висновки.

5 РОЗРАХУНОК РОЗМІРІВ ЗБИТКІВ, ЗАПОДІЯНИХ ВНАСЛІДОК ЗАБРУДНЕННЯ ВОД

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. 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 скидання оборотних вод із підприємств, суден та об'єктів, для яких не видано дозволу на спеціальне водокористування або не встановлені норми гранично допустимого (ГДС) або тимчасово узгодженого скидання шкідливих речовин;
- перевищення затверджених нормативів і норми скидання забруднювальних речовин (г/м^3);
- скидання забруднювальних речовин, не зазначених у дозволах на спеціальне водокористування або нормах ГДС (ТУС), якщо їх концентрація перевищує ГДК;
- самовільне скидання оборотних вод або сировини з морських або річкових суден, плавзасобів, надводних або підводних споруд;
- надходження оборотних вод або забруднювальних речовин у поверхневі, підземні й морські води після аварій на насосних станціях, колекторах та інших спорудах, витоку таких вод або речовин внаслідок порушення технологій, техніки безпеки, скидання сировини після аварій на нафтопродуктопроводах, нафтотерміналах та ін.;
- вимушеного санкціонованого аварійного скидання, що не передбачалося проектом, але здійснюється з метою запобігання аварійних ситуацій;
- скидання 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 із незалежних від водокористувача і непередбачених проектом обставин (землетрус або інше стихійне лихо), то він ніякої відповідальності за порушення водоохоронного законодавства не несе.

Збитки у разі самовільного аварійного та санкціонованого вимушеного скидання оборотних вод визначають за формулою

$$Z_{\text{ав.}} = VTC_{\text{с.ф.}} \sum_{i=1}^m (0,003 Al \cdot n) \delta \cdot 10^{-3}, \quad (5.1)$$

де V – витрати оборотних вод, м³/год;

T – тривалість наднормативного скидання, год;

$C_{\text{с.ф.}}$ – середня фактична концентрація забруднювальних речовин в оборотних водах, г/м³;

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

δ – коефіцієнт, що враховує категорію водного об'єкта;

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);

Al – показник відносної небезпечності речовини, що визначається за співвідношенням $1/C_{\text{ГДК}}$, де $C_{\text{ГДК}}$ – гранично допустима концентрація цієї речовини згідно з ДСанПіН №136/1940 або Узагальненим переліком ГДК шкідливих речовин для води рибогосподарських водойм.

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

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

Загальна сума збитків за умови одночасного забруднення водного об'єкта кількома забруднювальними речовинами (але однією юридичною або фізичною особою) визначають додаванням до найбільшої з усіх розрахованих величин суми збитків для інших забруднювальних речовин, помноженої на коефіцієнт 0,15. У разі залпового скидання, що призвело до забруднення водного об'єкта в контрольному створі до 50 і більше ГДК, розрахована сума збитків помножується на коефіцієнт 10.

Контрольні питання

1. Які порушення умов водокористування Ви знаєте?
2. Яким чином визначаються збитки у разі самовільного аварійного та санкціонованого вимушеного скидання оборотних вод?
3. Як обчислюється загальна сума збитків за умови одночасного забруднення водного об'єкта кількома забруднювальними речовинами однією юридичною або фізичною особою?

Завдання

1. Необхідно, використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 13), розрахувати заподіяні збитки внаслідок аварії, що сталася на каналізаційній насосній станції, в результаті якої у водний об'єкт рибогосподарського користування I категорії ($\delta=2$) скидалися стічні вод місцевої каналізації.

2. Зробити висновки.

6 ОБҐРУНТУВАННЯ 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 якась 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 із можливих альтернативних 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 проводиться шляхом обчислення коефіцієнтів порівняльної економічної ефективності та термінів окупності капітальних вкладень за такими формулами:

$$E = \frac{C_2 - C_1}{K_1 - K_2}; \quad (6.1)$$

$$T = \frac{K_1 - K_2}{C_2 - C_1}, \quad (6.2)$$

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 порівнювальних 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.

Із двох порівняльних варіантів обирається той, у якого коефіцієнт порівняльної економічної ефективності не менше нормативного, а додаткові капітальні вкладення окупуваються 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 із 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, із 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 виявляють один, найекономічніший. Проте за результатами порівняння не можна встановити місце, яке займає кожен із варіантів за рівнем порівняльної ефективності. Це завдання можна вирішити при зіставленні варіантів за приведеними затратами.

Контрольні питання

1. Яким чином визначається оптимальна структура водогосподарських систем?
2. Як називається метод вибору оптимального варіанта із можливих альтернативних?
3. Які два основні способи визначення порівняльної економічної ефективності Ви знаєте?
4. Яким чином відбувається обчислення коефіцієнтів порівняльної економічної ефективності та термінів окупності капітальних вкладень?

Завдання

1. Необхідно вирішити, використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 14), який з порівнювальних варіантів обґрунтування структури водогосподарських об'єктів, є найбільш економічно ефективним.
2. Зробити висновки.

ДОДАТОК

Таблиця 1 – Вхідні дані для розрахунків демографічної місткості території

№ варіанта	Річка – пункт	Сумарний приплив річкових вод $Q_{пр}$, м ³ /с
1	р. Луга – п. Чадирлунга	6,2
2	р. Мочарка – с. Королево	6,0
3	р. Красна – с. Сватово	6,1
4	р. Опір – с. Тухля	5,8
5	р. Зелена Кривуля – с. Мостиська	33,3
6	р. Яблунька – с. Турка	30,5
7	р. Гериня – с. Задеревач	32,0
8	р. Черкаська – с. Долина	34,1
9	р. Айдар – с. Княжино	21,0
10	р. Самець – смт Підволочиськ	22,2
11	р. Айдар – с. Містки	21,5
12	р. Стрипа – с. Бучач	3,0
13	р. Красна – с. Н. Дуванка	3,1
14	р. Лопушанка – с. Оліїв	4,0
15	р. Кагул – с. Гаваноси	14,5
16	р. Нічлава – м. Борщів	13,2
17	р. Красна – с. Міловатка	10,1
18	р. Хорино – с. Першотравневе	9,7
19	р. Муса – п. Комрат	10,1
20	р. Зубра – с. Димовка	9,9

Таблиця 2 – Вхідні дані концентрацій шкідливих речовин, мг/дм³

Речовини	Концентрації шкідливих речовин C_i по варіантах									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Залізо загальне (Fe^{2+})	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	0,055	0,060	0,065
Марганець загальний (Mn^{2+})	0,050	0,055	0,060	0,065	0,070	0,075	0,080	0,085	0,090	0,095
Мідь (Cu^{2+})	0,025	0,020	0,035	0,030	0,045	0,040	0,055	0,050	0,065	0,060
Хром (Cr^{3+})	0,070	0,071	0,072	0,073	0,074	0,075	0,076	0,077	0,078	0,079
Нафтопродукти	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050	0,055	0,060	0,065	0,070	0,075
Феноли	0,0002	0,0003	0,0004	0,0005	0,0006	0,0007	0,0008	0,0009	0,0002	0,0003
Цинк (Zn^{2+})	1,0	1,1	0,8	0,9	0,6	0,7	0,4	0,5	0,3	0,2
Іон амонію (NH_4^-)	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,3	1,5	1,9	2,0
Ртуть (Hg^{2+})	0,009	0,002	0,004	0,003	0,005	0,0055	0,007	0,009	0,008	0,001
Свинець (Pb^{2+})	0,05	0,051	0,052	0,053	0,054	0,055	0,056	0,057	0,058	0,059
Миш'як (As^{3+})	0,04	0,06	0,05	0,09	0,01	0,015	0,08	0,02	0,09	0,05
Нікель (Ni^{2+})	0,019	0,018	0,017	0,016	0,015	0,014	0,013	0,012	0,011	0,010
Алюміній (Al)	0,3	0,4	0,8	0,1	0,5	0,2	0,7	0,1	0,9	0,5
Фтор (F^{3-})	1,0	0,9	1,5	1,1	1,3	0,5	1,5	1,4	1,9	1,5
Іон нітрату (NO_3^-)	0,75	5,5	1,8	8,7	0,67	0,95	10,0	1,0	7,5	0,80

Таблиця 3 – Вхідні дані для розрахунків загальної витрати води для господарсько-питного водопостачання

№ варіанта	Найменування населеного пункту	Чисельність населення N , тис. чол.	Ступінь благоустрою
1	м. Одеса	1100	4
2	м. Запоріжжя	600	4
3	с. Березівка	8,6	2
4	м. Харків	1144	4
5	смт Біляєвка	15,1	1
6	м. Кривий Ріг	400	4
7	смт Арциз	18,3	3
8	м. Київ	2144	4
9	м. Алушта	34,8	3
10	м. Донецьк	1050	4
11	с. Іванівка	1,5	1
12	м. Старокостянтинів	36,8	3
13	с. Берестечко	1,8	1
14	м. Вінниця	391	4
15	м. Вознесенськ	42,8	3
16	м. Дубляни	9	2
17	м. Дніпропетровськ	1103	4
18	м. Луцьк	218	4
19	м. Миргород	46,6	3
20	м. Свалява	18,6	3

Таблиця 4 – Вхідні дані для розрахунків витрат виробничих стічних вод

№ варіанта	Готова продукція	Норма водовідведення N , м ³ /т	Маса сировини M , т/добу
1	Цемент	0,1	230
2	Видобування вугілля	0,3	654
3	Папір	37	120
4	Синтетичні ПАР	1,0	453
5	Добрива	3,9	350
6	Видобування нафти	0,4	2300
7	М'ясо	24	130
8	Сульфатна целюлоза	218	345
9	Віскозне штапельне полотно	233	216
10	Шовкові тканини	37	179

Таблиця 5 – Вхідні дані для розрахунків витрат побутових стічних вод

№ варіанта	Вид промисловості	Величина душових установок N_g у % від загальної кількості робітників, що користуються душем	Загальна кількість робітників n , осіб
1	Текстильна	10	500
2	Машинобудівна	25	100
3	Металургійна	40	250
4	Целюлозно-паперова	40	360
5	Харчова	75	400
6	Хімічна	40	500
7	Шкіряна	75	370
8	Промисловість будівельних матеріалів	75	690

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

№ варіанта	Місяці	$W_{\text{пр}}, \text{ м}^3$	$C_{\text{пр}}, \text{ г/дм}^3$	$W_{\text{ст}}, \text{ м}^3$	$C_{\text{ст}}, \text{ г/дм}^3$	$W_{\text{оп}}, \text{ м}^3$	$W_{\text{вип}}, \text{ м}^3$	$W_{\text{поч}}, \text{ м}^3$	$C_{\text{поч}}, \text{ г/дм}^3$	$C_{\text{кін}}, \text{ г/дм}^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	V	1296	1,8	1200	1,9	1000	1200	6000	2,0	1,8
	VI	1700	2,6	1400		1100	1300	Те ж		
	VII	2000	3,0	1600		1200	1400	”		
	VIII	1500	2,4	1400		1000	1500	”		
	IX	1300	2,1	1200		1050	1200	”		
2	V	1000	2,0	900	2,4	700	1100	5000	2,4	2,39
	VI	1400	2,5	1200		1000	1200	Те ж		
	VII	1500	3,0	1300		1050	1300	”		
	VIII	1600	2,5	1500		900	1400	”		
	IX	1500	2,0	1300		700	1200	”		
3	V	900	2,4	1000	2,7	500	1000	4000	2,7	2,7
	VI	1200	2,6	960		1200	1200	Те ж		
	VII	1300	2,3	1000		700	1700	”		
	VIII	1400	3,0	1200		900	1800	”		
	IX	1000	2,1	1300		1200	1500	”		

Продовження табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	V	1300	1,8	1200	2,4	1000	1200	3000	2,1	2,8
	VI	1700	2,6	1400		1200	1300	Те ж		
	VII	2100	3,0	1600		1200	1400	”		
	VIII	1500	2,4	1300		1100	1500	”		
	IX	1300	2,1	1200		1050	1200	”		
5	V	1900	2,4	1000	2,6	500	1000	2000	2,5	2,7
	VI	1200	2,6	960		1200	1200	Те ж		
	VII	1300	2,3	900		500	1700	”		
	VIII	1600	3,0	1200		900	1800	”		
	IX	1000	2,1	1360		1200	1500	”		
6	V	2900	1,4	1100	2,4	1500	1100	3000	2,4	2,71
	VI	1100	1,6	870		1100	1400	Те ж		
	VII	1200	2,2	920		600	1750	”		
	VIII	1400	3,3	1100		1000	1810	”		
	IX	900	2,2	1460		1100	1550	”		
7	V	1286	1,87	1250	1,95	1000	1200	6600	2,0	1,88
	VI	1730	2,65	1410		1100	1300	Те ж		
	VII	2150	3,12	1670		1200	1400	”		
	VIII	1540	2,42	1490		1000	1500	”		
	IX	1321	2,12	1210		1050	1200	”		

Продовження табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	V	1200	1,81	1200	2,3	1060	1200	3300	2,12	2,9
	VI	1731	2,62	1440		1260	1300	Те ж		
	VII	2111	3,04	1690		1210	1400	”		
	VIII	1555	2,46	1399		1130	1500	”		
	IX	1340	2,12	1250		1050	1200	”		
9	V	2900	2,3	1210	3,6	1500	1100	2500	2,9	2,2
	VI	3200	1,6	1960		2200	1600	Те ж		
	VII	2300	2,3	2900		1500	1980	”		
	VIII	2600	4,1	1260		1900	1860	”		
	IX	900	3,2	2360		2200	1541	”		
10	V	2902	1,1	1000	1,4	1590	1800	3300	1,5	2,75
	VI	1105	1,2	830		1000	1400	Те ж		
	VII	1230	2,3	921		800	750	”		
	VIII	1500	3,4	1230		900	810	”		
	IX	990	2,5	1760		1120	1590	”		

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

№ варіанта	Річка – пункт	Q_p , м ³ /с	$Q_{ст}$, м ³ /с	$S_{ст}$, мг/дм ³	$S_{макс}$, мг/дм ³
1	р. Красна – с. Сватово	2,80	3,46	50	10
2	р. Луга – п. Чадирлунга	3,80	5,48	180	150
3	р. Мочарка – с. Королево	3,60	2,31	100	50
4	р. Опір – с. Тухля	2,70	2,21	29	24
5	р. Зелена Кривуля – с. Мостиська	2,62	3,91	200	134
6	р. Яблунька – с. Турка	2,53	3,12	45	39
7	р. Гериня – с. Задеревач	4,50	4,24	175	76
8	р. Айдар – с. Княжино	4,32	2,23	123	115
9	р. Черкаська – с. Долина	3,72	2,16	35	25
10	р. Самець – сміт Підволочиськ	2,64	3,87	180	100
11	р. Айдар – с. Містки	2,52	2,12	50	48
12	р. Красна – с. Н. Дуванка	2,43	3,25	165	90
13	р. Стрипа – с. Бучач	2,30	2,23	123	119
14	р. Лопушанка – с. Оліїв	2,50	2,15	35	15
15	р. Нічлава – м. Борщів	2,70	3,97	193	130
16	р. Кагул – с. Гаваноси	2,70	1,21	39	29
17	р. Красна – с. Міловатка	3,00	3,91	202	24
18	р. Хорино – с. Першотравневе	2,40	3,12	75	35
19	р. Зубра – с. Димовка	2,40	4,24	165	125
20	р. Муса – п. Комрат	2,30	2,33	139	109

Таблиця 8 – Вхідні дані для розрахунків трансформації неконсервативних забруднювальних речовин

№ варіанта	Річка – пункт	S_0 , мг/дм ³	t , доба
1	р. Луга – п. Чадирлунга	125	10
2	р. Мочарка – с. Королево	220	20
3	р. Красна – с. Сватово	215	24
4	р. Опір – с. Тухля	110	5
5	р. Зелена Кривуля – с. Мостиська	55	30
6	р. Яблунька – с. Турка	135	120
7	р. Гериня – с. Задеревач	140	13
8	р. Черкаська – с. Долина	155	25
9	р. Айдар – с. Княжино	160	4
10	р. Самець – смт Підволочиськ	175	145
11	р. Айдар – с. Містки	234	39
12	р. Стрипа – с. Бучач	348	34
13	р. Красна – с. Н. Дуванка	15	25
14	р. Лопушанка – с. Оліїв	112	2
15	р. Кагул – с. Гаваноси	78	89
16	р. Нічлава – м. Борщів	98	100
17	р. Красна – с. Міловатка	120	20
18	р. Хорино – с. Першотравневе	90	55
19	р. Муса – п. Комрат	278	128
20	р. Зубра – с. Димовка	345	115

Таблиця 9 – 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. Красна – с. Сватово	2,80	2,60	2,45	1,20	0,90	0,45
2	р. Луга – п. Чадирлунга	3,80	3,60	3,45	2,21	1,91	1,47
3	р. Мочарка – с. Королево	3,60	3,50	3,25	2,11	1,96	1,57
4	р. Опір – с. Тухля	2,70	2,40	2,15	1,50	0,83	0,76
5	р. Зелена Кривуля – с. Мостиська	2,62	2,56	2,25	1,11	0,96	0,57
6	р. Яблунька – с. Турка	2,53	2,36	2,15	1,41	1,06	0,32
7	р. Гериня – с. Задеревач	4,50	3,80	3,16	2,40	1,15	0,64
8	р. Айдар – с. Княжино	4,32	3,73	3,01	2,50	1,05	0,74
9	р. Черкаська – с. Долина	3,72	3,53	3,01	2,02	1,06	0,65
10	р. Самець – смт Підволочиськ	2,64	2,36	2,15	1,41	0,91	0,20
11	р. Айдар – с. Містки	2,52	2,16	2,00	1,76	0,85	0,10
12	р. Красна – с. Н. Дуванка	2,43	2,13	2,12	1,94	0,86	0,56
13	р. Стрипа – с. Бучач	2,30	2,00	1,85	1,00	0,70	0,25
14	р. Лопушанка – с. Оліїв	2,50	1,90	1,86	0,96	0,65	0,43
15	р. Нічлава – м. Борщів	2,70	2,10	2,00	1,14	0,82	0,64
16	р. Кагул – с. Гаваноси	2,70	2,30	2,10	1,26	0,84	0,31
17	р. Красна – с. Міловатка	3,00	2,60	2,40	1,56	1,14	0,63
18	р. Хорино – с. Першотравневе	2,40	2,31	1,97	1,50	0,90	0,65
19	р. Зубра – с. Димовка	2,40	1,50	1,00	0,70	0,50	0,30
20	р. Муса – п. Комрат	2,30	1,30	0,98	0,65	0,43	0,20

Таблиця 10 – Вхідні дані для розрахунків гідрологічних показників забрудненості водного потоку

№ варіанта	Норма стоку Q_0 , м ³ /с	Концентрація забруднювальної речовини в стічних водах $S_{ст}$, мг/дм ³	ГДК, мг/дм ³
1	3,46	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
11	2,12	48	10
12	3,25	165	25
13	2,23	123	15
14	2,15	35	4
15	3,97	193	30
16	1,21	39	2
17	3,91	202	35
18	3,12	75	12
19	4,24	165	40
20	2,33	139	30

Таблиця 11 – Вхідні дані для розрахунків кратності розбавлення

№ варіанта	ГДК _{умов} , мг/дм ³	Концентрація забруднювальної речовини в стічних водах $S_{ст}$, мг/дм ³	Кратність розбавлення	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 12 – Величини витрат води заданої забезпеченості

$P, \%$	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 збитків внаслідок аварії
 (Al (органічні речовини)=0,3 г/м³,
 Al (завислі речовини)=0,1 г/м³,
 Al (нафтопродукти)=20 г/м³)

№ варіанта	Витрати оборотних вод V , м ³ /год	Тривалість над- нормованого скидання T , діб	Середня фактична концентрація забруднювальних речовин в оборотних водах $C_{с.ф.}$, г/м ³		
			органічні речовини, мг O_2 /дм ³	завислі речовини, мг/дм ³	нафто- продукти, мг/дм ³
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	10	13,5	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
11	21000	60	65	17,9	6,4
12	22000	65	115	65,3	4,7
13	23000	70	170	53,2	8,5
14	24000	75	25	76,1	9,2
15	25000	80	75	55	2,3
16	26000	85	10	67,8	5,3
17	27000	90	116	45,2	7,6
18	28000	95	129	89,2	6,6
19	29000	100	117	64,7	7,4
20	30000	105	28	65	5,6

Таблиця 14 – Вхідні дані для розрахунків коефіцієнта порівняльної економічної ефективності

№ 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	2,5	8	6
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	Гідроенергетика	8,3	8,9	9,8	4,8
11	Водний транспорт	8,6	8	2,4	6,8
12	Зрошення	9,9	6,2	4,4	6,3
13	Обводнення	8,8	10,1	2,8	1,6
14	Осушення	1,5	1,2	0,7	1,9
15	Водопровід і каналізація	2,9	4,3	3,7	1,3
16	Рибне господарство	2,7	2,87	4,4	3,3
17	Комплексні гідровузли	8,7	10,3	8,5	3,2
18	Гідроенергетика	12,3	11,9	5,4	8,76
19	Водний транспорт	9	11	12	8
20	Зрошення	6,3	5,8	3,7	6,2

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. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник. – К.: Вища школа, 2005. – 671 с.
4. Левківський С.С., Падун М.М. Раціональне використання і охорона водних ресурсів: Підручник. – К.: Либідь, 2006. – 280 с.
5. Методические основы оценки антропогенного влияния на качество поверхностных вод // Под ред. А.В. Караушева. – Л.: Гидрометеоздат, 1981. – 174 с.
6. Методичні вказівки до практичних занять по курсу «Гідроекологічні основи водного господарства» / Одеській гідрометеорологічний інститут. – Одеса, 1997. – 30 с.
7. Нежиховский Р.А. Гидролого-экологические основы водного хозяйства. – Л.: Гидрометеоздат, 1990. – 230 с.
8. 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»

Укладач: Захарова М.В.

Підп. до друку
Умовн. друк. арк.

Формат
Тираж

Папір
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

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

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК
МЕТОДИЧНИХ ВКАЗІВОК

до практичних робіт з дисципліни
«ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА»

“Затверджено”

на засіданні методичної комісії
природоохоронного факультету
Протокол № ____ від ____ . ____ 2008 р.
Голова комісії _____ Шекк П.В.
(підпис)

“Затверджено”

на засіданні кафедри
гідроекології і водних досліджень
Протокол № ____ від ____ . ____ 2008 р.
Зав. кафедри _____ Іваненко О.Г.
(підпис)

Одеса -2008