

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Одеський державний екологічний університет

М. В. Захарова

ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВОДНОГО
ГОСПОДАРСТВА
ПРАКТИКУМ

Навчальний посібник

«Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів»

Одеса
«Екологія»
2010

ББК 26.22:31.5
З 38
УДК 504.04

Гриф надано Міністерством освіти і науки України
(лист № 1/11-5160 від 15.06.10)

Захарова М. В.

Гідроекологічні основи водного господарства. Практикум:
Навчальний посібник. – Одеса: «Екологія», 2010. – 110 с.: іл.

У навчальному посібнику для практичних занять з дисципліни «Гідроекологічні основи водного господарства» викладено теоретичний матеріал та розрахункові завдання у відповідності з робочою програмою. У ньому розглядаються екологічні проблеми водопостачання, водовідведення, водокористування, безпеки водних об'єктів та техніко-економічного обґрунтування водогосподарських систем.

Для забезпечення самостійної роботи студентів у навчальному посібнику наприкінці кожного розділу наведені контрольні питання та приклади вирішення завдань.

Навчальний посібник призначений для студентів денної та заочної форм навчання за напрямом «Екологія», спеціальність «Екологія та охорона навколишнього середовища», (спеціалізація «Гідроекологія»).

Рецензенти:

І.І. Гладких, д.т.н., проф. (Одеська національна морська академія);

М.І. Ігошин, к.геогр.н., доц. (Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова);

К.І. Анісімов, доц. (Одеська державна академія будівництва і архітектури).

ISBN

© М. В. Захарова, 2010
© Одеський державний
екологічний університет, 2010

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
Розділ 1. Гідроекологічні основи водопостачання	6
1.1. Комунальне і промислове водопостачання.....	6
1.2. Системи водопостачання міст	7
1.3. Системи водопостачання промислових підприємств	9
1.4. Розрахунки демографічної місткості територій	11
1.5. Визначення розрахункових витрат води окремими категоріями споживачів	12
1.5.1. Витрати води на господарсько-питні потреби населення міст.....	14
1.5.2. Витрати води на комунальні потреби міст.....	17
1.5.3. Витрати води для промислових підприємств	18
1.5.4. Витрати води на пожежогасіння	21
Розділ 2. Гідроекологічні основи водовідведення	30
2.1. Класифікація промислових стічних вод і їх властивості	30
2.2. Системи водовідведення	32
2.3. Визначення розрахункових витрат стічних вод.....	36
2.3.1. Витрати стічних вод від населення міста.....	38
2.3.2. Витрати стічних вод від промислових підприємств	38
2.4. Розрахунок режиму роботи ставків-накопичувачів	41
Розділ 3. Водокористування і якість води	48
3.1. Оцінювання якості води	48
3.2. Загальні показники якості стічних вод	49
3.2.1. Визначення розведення стічних вод	52
3.2.2. Визначення ефективності очищення стічних вод	53
3.3. Інтегральні показники оцінки якості води водойм.....	56
3.3.1. Розрахунок гідрологічних показників забрудненості води водойм	57
3.3.2. Розрахунок параметрів зон забруднення методом номограм	59
Розділ 4. Екологічна безпека природних джерел води.....	68
4.1. Охорона вод і запобігання їх шкідливій дії.....	68
4.2. Охорона природних вод від забруднення стічними водами	69
4.3. Розрахунок розмірів збитків, заподіяних внаслідок забруднення водних об'єктів стічними водами	70
4.4. Розрахунок розмірів збитків, заподіяних внаслідок забруднення водних об'єктів сировиною та сміттям	73

Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування структури	79
водогосподарських об'єктів і систем	79
5.1. Загальні поняття про водогосподарські комплекси і системи ..	79
5.2. Мета техніко-економічного обґрунтування	79
5.3. Визначення структури водогосподарських об'єктів і систем ...	81
5.4. Визначення загальної економічної ефективності	85
капітальних вкладень	85
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	90
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК	91
ДОДАТОК	94

ВСТУП

Навчальний посібник з дисципліни «Гідроекологічні основи водного господарства» складений у відповідності з робочою програмою цієї дисципліни. Дисципліна «Гідроекологічні основи водного господарства» ґрунтується на досвіді проектування та експлуатації водогосподарських споруд, який сформувався у процесі багаторічної водогосподарської діяльності, що визначила 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.

Основними структурними складовими навчального посібника є п'ять розділів, що послідовно та стисло розкривають зміст цієї дисципліни, а саме: особливості господарсько-питного та промислового водопостачання і водовідведення, оцінка якості води і забрудненості річок та водойм для водогосподарських потреб, екологічна безпека природних джерел води, економічне обґрунтування структури водогосподарських об'єктів.

Кожний розділ закінчується практичними завданнями різної складності, для виконання яких необхідно знати основні теоретичні положення, що наведені на початку розділу. Ці завдання пов'язані з вирішенням розрахункових задач, побудовою графічних зв'язків та узагальненням одержаних результатів у висновках. Посібник містить десять варіантів початкових даних з кожного виду завдань, приклади їх вирішення, а також необхідні допоміжні матеріали. Наприкінці кожного розділу розміщені контрольні запитання для самоперевірки та підготовки до модульних контрольних робіт.

При підготовці цього навчального посібника використані зі змінами та доповненнями матеріали конспекту лекцій та методичних вказівок до практичних занять з курсу «Гідроекологічні основи водного господарства» доцента кафедри гідроекології та водних досліджень М.І. Чернова.

Автор висловлює велику подяку доценту кафедри гідроекології та водних досліджень Є.І. Колодеєву та професору ОДЕКУ, завідувачу кафедри гідрології суші Є.Д. Гопченку за рецензування рукопису посібника та ділові зауваження, що покращують його зміст.

Розділ 1. Гідроекологічні основи водопостачання

1.1. Комунальне і промислове водопостачання

Система водопостачання – це комплекс взаємопов’язаних споруд, призначених для забору води з джерел, очищення її та зберігання запасів і подавання до місця споживання [2]. Існуючі системи водопостачання можуть бути класифіковані наступним чином [2, 6, 7]:

- за типом об’єктів обслуговування – міська, селищна, промислова сільськогосподарська;
- за призначенням – господарська (призначена для задоволення питних і господарсько-побутових потреб), промислова (для постачання води промисловим підприємствам), протипожежна (подавання води для гасіння пожеж), об’єднана (призначена для одночасного задоволення різних потреб, наприклад господарсько-протипожежна система);
- за характером використання природних джерел – водопроводи, які одержують воду з поверхневих джерел (річки, водосховища, озера та ін.), і водопроводи, які використовують підземну воду;
- за способами подавання води – водопроводи самопливні (гравітаційні) і з механічним подаванням води (за допомогою насосів);
- за територіальною ознакою – локальні (для одного об’єкта) і групові (або районні) водопроводи, що обслуговують кілька об’єктів;
- за кратністю використання води – прямотечійні системи, з обігом води та з послідовним використанням її на різних установках.

Принципову схему водопостачання міста з поверхневих джерел зображено на рис. 1.1.

Вода з джерела забирається водоприймачем і самопливними водоводами надходить у береговий колодязь. Потім насосами першого підйому вона подається в споруди для очищення (прояснення і знебарвлення, фільтрування і знезараження). Очищена вода надходить у резервуари чистої води й насосами другого підйому подається в мережу трубопроводів, причому частина води акумулюється в місткості водонапірної вежі. Магістральними трубопроводами (водоводами) вода надходить у райони міста і розподільною мережею до споживачів.

Послідовність окремих споруд системи водопостачання і їхній склад залежать від призначення, місцевих природних умов, вимог споживача та економічних міркувань. Так, водонапірна вежа може знаходитися у різних точках території об’єкта залежно від його планування і рельєфу місцевості. Якщо резервуари чистої води розміщені на достатньо високих позначках місцевості, то очищена вода може передаватися споживачу самопливними водогонами, тобто відпадає потреба у насосній станції другого підйому.

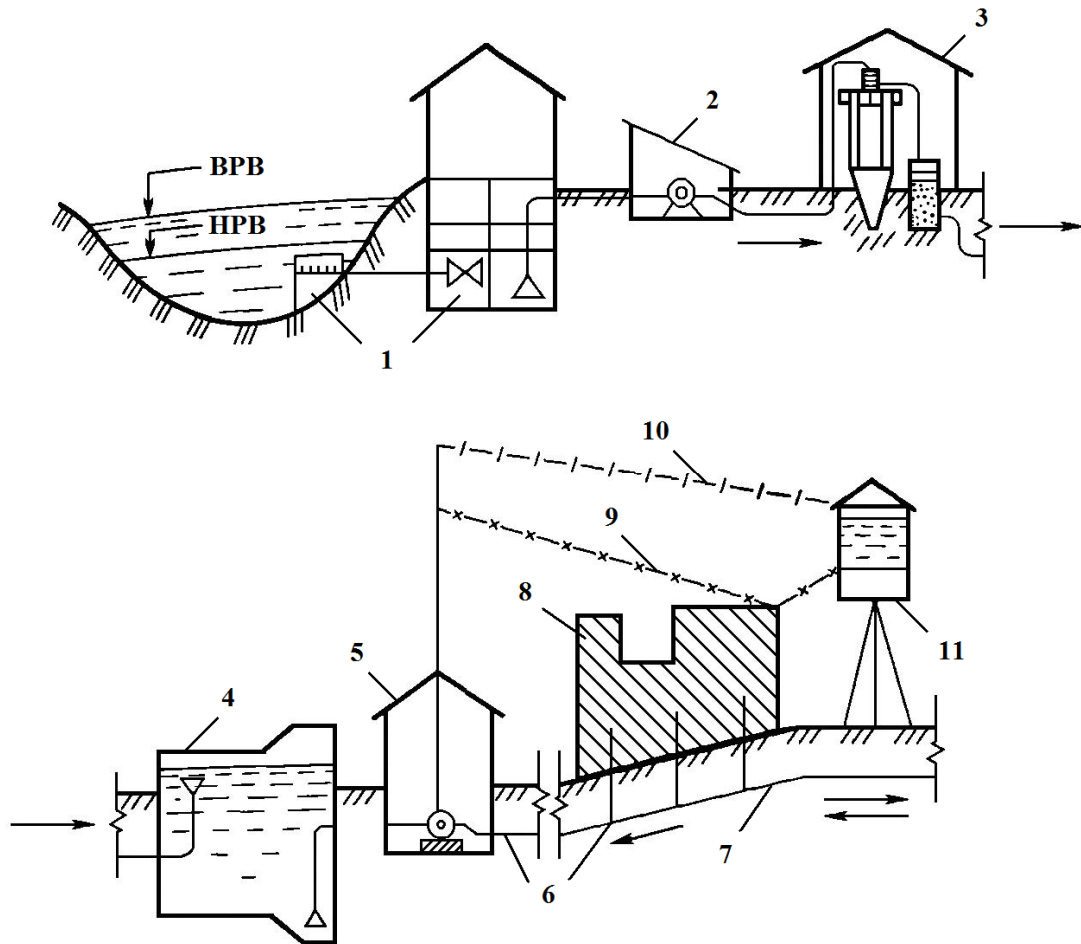


Рис. 1.1 – Схема водопостачання з поверхневого джерела [2, 3]

Умовні позначення: 1 – річковий водозабір; 2 – насосна станція першого підйому; 3 – водоочисна станція; 4 – резервуар чистої води; 5 – насосна станція другого підйому; 6 – водогони; 7 – водопровідна мережа; 8 – об’єкт водопостачання; 9 – п’єзометрична лінія за максимального водоспоживання з мережі; 10 – п’єзометрична лінія водогону за максимального рівня води у баку вежі; 11 – контррезервуар (водонапірна станція наприкінці мережі); BПB, НПB – відповідно верхній і нижній рівні води

У разі використання підземних артезіанських вод, які не потребують кондиціонування, система водопостачання спрощується за рахунок виключення з її складу очисних споруд [2].

1.2. Системи водопостачання міст

Система водопостачання міста має забезпечувати населення і його господарства необхідною кількістю води певної якості. Головна вимога до

роботи системи водопостачання – виконання нею заданих функцій за умови високої надійності та економічності.

Одним з основних показників надійності роботи системи водопостачання є безвідмовне тривале функціонування. Під відмовою системи водопостачання розуміють неприпустиме зниження якості її роботи внаслідок будь-якого явища і відмова джерела водопостачання (обмерзання, льодяні затори, зниження рівня нижче допустимого); перерва у подаванні електроенергії до насосної станції; пошкодження насосів; порушення нормальної роботи водоочисних споруд; аварії на водогонах або магістральних мережах тощо. Підвищення надійності водопроводу досягається структурним резервуванням окремих елементів системи.

Водоспоживання для громадсько-питних, комунальних та виробничих потреб постійно зростає. В перспективі очікується, що водоспоживання для господарсько-питних і комунальних потреб досягне 400-500 л/д для однієї людини. Водоспоживання в різних містах неоднакове і залежить від категорії міста (чисельності населення), наявності й розвитку промисловості, ступеня благоустрою міста, кліматичних умов, культури населення та інших чинників. Так, у Москві водоспоживання (включно з потребами промисловості) становить понад 600 л на одну людину за добу, що значно перевищує водоспоживання у великих містах Європи (Париж – 230, Лондон – 235, Стокгольм – 275, Ліон – 390 л на людину за добу).

Джерелами водопостачання міста є поверхневі води і підземні джерела. Для задоволення потреб великих міст переважно використовують поверхневі джерела – річки, водосховища, озера, а в деяких містах – підземні води.

Одними з найбільших споживачів води в містах є промислові підприємства, їх споживання досягає 50-90% загальної добової витрати води міста. Тому в усьому світі необхідно скорочувати або виключати використання на промислові потреби води з комунального водопроводу, оскільки у зв'язку з погіршенням якості води в джерелах водопостачання значно збільшується вартість очищення води. Для господарсько-питних потреб необхідно максимально використовувати всі ресурси підземних вод, згідно з умовами державного стандарту на якість питної води.

На території міста є водопровідні мережі різного призначення: господарсько-питні, протипожежні, поливальні, промислові. Як правило, господарсько-питні, протипожежні, поливальні й промислові мережі поєднують в одну систему, хоча можливе і їх розділення, наприклад, застосування поливальної мережі неглибокого закладання. В посушливих і напівпосушливих районах зрошувальні водопроводи утворюють самостійну систему, оскільки для поливу зелених насаджень необхідна велика кількість води. Об'єднані або роздільні водопровідні мережі обираються на підставі техніко-економічного аналізу залежно від потреб

міста, наявності водних джерел, якості води в них, кліматичних умов та інших чинників. Кількість ліній водоводів приймається з урахуванням категорії надійності подавання води системою водопостачання і черговості будівництва [2].

1.3. Системи водопостачання промислових підприємств

Системи водопостачання промислових підприємств класифікуються за способами використання води: прямотечійні, зворотні та з послідовним використанням. **Прямотечійні системи** (рис. 1.2, а) є найпростішими. Вода за допомогою насосної станції забирається з водного об'єкта і подається до об'єктів виробництва. Після цього каналізаційними шляхами вона надходить на очисні споруди. Після очищення відпрацьовані води можуть скидатися назад у водотік або водойму на певній відстані від водозабору. Такі системи водопостачання зазвичай бувають у достатньо забезпечених водою районах.

Системи водопостачання з **послідовним використанням** (рис. 1.2, б) води, передбачають повторне її використання на цьому самому підприємстві. Після завершення технологічного процесу в одному цеху відпрацьована вода надходить до іншого, де також забезпечує випуск промислової продукції. Інколи вода використовується багаторазово, після чого у забрудненому стані надходить на очисні споруди.

Системи **зворотного водопостачання** (рис. 1.2, в) впроваджуються за необхідності забезпечити потреби великих промислових підприємств з великою водомісткістю, особливо в умовах обмежених водних ресурсів і можливостях їх забруднення. За таких систем відпрацьовані води у водотоки і водойми не скидаються, а використовуються знову для потреб виробництва. Відпрацьована вода за необхідності пропускається крізь охолоджуючі споруди та пристрої і знову направляється у виробничий цикл. Інколи частина відпрацьованих вод може бути забрудненою, тому для повторного використання їх необхідно попередньо очистити. В зв'язку з тим, що деяка кількість води витрачається незворотно, її запаси доводиться періодично поповнювати з водного об'єкта. Величина незворотних втрат становить близько 2-5%.

Комбіновану систему водопостачання, коли на одному підприємстві частина зворотної води використовується у виробництві Ц-1, а більша частина – у виробництвах Ц-2 і Ц-3, зображено на рис. 1.2, г. Відпрацьовані води з останніх виробництв надходять на станцію очищення стічних вод, після чого скидаються у річку.

У південних регіонах України велике практичне значення мають групові та районні водопроводи, коли одна система водопостачання обслуговує кілька об'єктів різного призначення (міста, промислові

підприємства, об'єкти сільського господарства тощо). Така система має значні економічні переваги тому, що експлуатаційні витрати об'єднаного водопроводу нижчі ніж аналогічні витрати на локальні системи для кожного об'єкта.

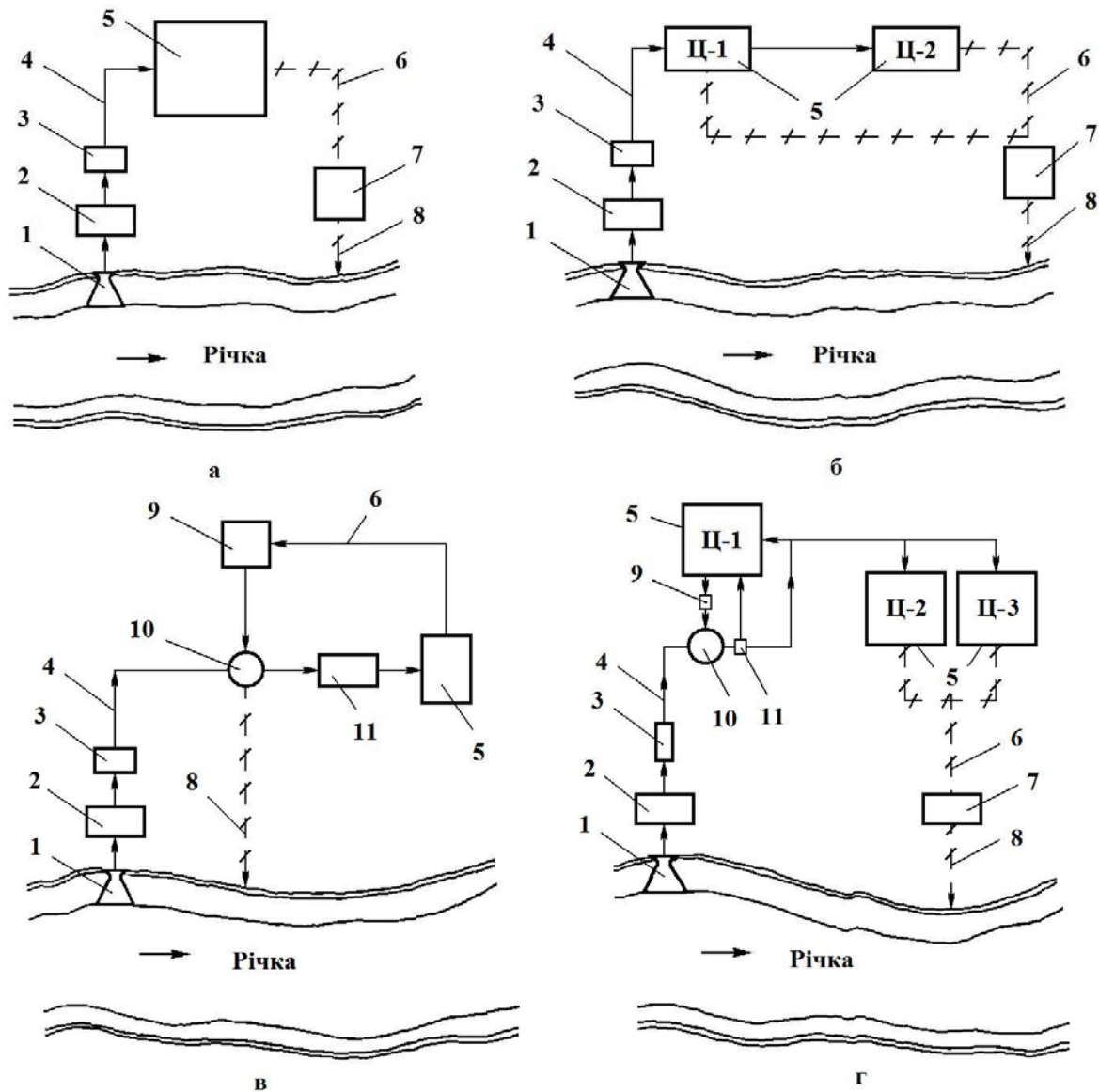


Рис. 1.2 – Схеми промислового водопостачання [2, 3]

Умовні позначення: а – прямотечійна; б – прямотечійна з послідовним використанням; в – зворотна; г – комбінована; 1 – водозабір з насосною станцією першого підйому (НС-1); 2 – водоочисні споруди; 3 – насосна станція другого підйому (НС-2); 4 – подавання річкової води; 5 – промислові об'єкти; 6 – скид відпрацьованої води; 7 – станція очищення стічних вод; 8 – скид води в річку; 9 – водоохолоджувальне устаткування; 10 – збірна камера; 11 – насосна станція зворотної води

1.4. Розрахунки демографічної місткості територій

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 [6]

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 м³/с та менше.

З урахуванням відзначеного, демографічна місткість території по поверхневих водах [6, 16] 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, м³/д (додаток, табл. 1);

Q_{num} – нормативна водозабезпеченість 1 тис. мешканців, м³/д (в північних районах 1000 м³/д, в південних – 2000 м³/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.

1.5. 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 [12].

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 [3]. Потреби місцевої промисловості та непередбачені витрати враховуються збільшенням питомих витрат води на 5-10%.

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 м³ води, на хлібозаводах – 1,8-4,8 м³ води на 1 т хліба, на

м'ясокомбінатах – 10-40 м³ води на 1 т продукції, на цукро заводах – 18-25 м³ води на 1 т цукру, на цегельних заводах – 1,3-1,8 м³ 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/м³; 25 л – в інших цехах. Витрати враховуються наприкінці робочої зміни з розрахунку 500 л/год на одну душову сітку протягом 45 хв [3].

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/м² на один полив; механізованого поливу перелічених проїздів та майданів – 0,3-0,4 л/м² на один полив; полив зі шлангів проїздів – 0,4-0,5 л/м²; полив газонів, квітників – 4-6 л/м² на один полив; полив зелених насаджень і присадибних ділянок – 3-4 л/м² 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. 1.2 та табл. 1.3.

Таблиця 1.2 – Витрати води на зовнішнє гасіння пожеж у населених пунктах [12]

№ 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

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 системи. Перелік таких будинків і нормативні витрати води на внутрішнє гасіння пожеж наведені в СНіП 2.04.01-85 [13] та СНіП 2.04.02-84 [12].

Таблиця 1.3 – Витрати води на зовнішнє гасіння пожеж промислових будівель [12]

№ п/п	Ступінь вогнестійкості	Категорія приміщень за пожежною небезпекою	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 ³						
			< 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	-	-	-

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.

1.5.1. Витрати води на господарсько-питні потреби населення міст

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 [3, 12, 15]

$$\text{найбільшим } K_{\text{год.мак}} = \alpha_{\text{мак}} \cdot \beta_{\text{мак}}; \quad (1.2)$$

$$\text{найменшим } K_{\text{год.мін}} = \alpha_{\text{мін}} \cdot \beta_{\text{мін}}, \quad (1.3)$$

де $\alpha_{\text{мак}}=1,2-1,4$ та $\alpha_{\text{мін}}=0,4-0,6$ – коефіцієнти, які враховують ступінь благоустрою будинків, режим роботи підприємств та інші місцеві умови за СНіП 2.04.02-84 [12];

β – коефіцієнт, який враховує чисельність мешканців у населеному пункті (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Значення коефіцієнта β [12]

Коефіцієнт	Чисельність мешканців N , тис. чол.										
	<0,1	0,2	0,5	1	4	10	20	50	100	300	1000>
$\beta_{\text{мак}}$	4,5	3,5	2,5	2	1,5	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1
$\beta_{\text{мін}}$	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 $K_{\text{год.мак}}$ приймається типовий графік розподілу добових витрат за годинами доби [3, 11].

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

$$N = F \cdot P, \quad (1.4)$$

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 [3, 12, 15]

$$Q_{\text{доб.мак}} = \frac{q_{\text{доб.мак}} \cdot N}{10^3}, \quad (1.5)$$

де $Q_{\text{доб.мак}}$ – найбільша добова витрата води населенням на

господарсько-питні потреби, м³/д;

$q_{доб.маx}$ – норма максимального добового водоспоживання, л/д на 1 людину (табл. 1.5);

N – розрахункова чисельність мешканців, чол.

Таблиця 1.5 – Питоме середньодобове (за рік) водоспоживання на господарсько-питні потреби населення [12]

№ 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

$$Q_{год.мid} = \frac{Q_{доб.маx}}{24}, \quad (1.6)$$

де $Q_{год.мid}$ – середня погодинна витрата води населенням на господарсько-питні потреби, м³/год.

Максимальна погодинна витрата води визначається за формулою

$$Q_{год.маx} = \frac{0,0417 \cdot N \cdot q_{доб.маx} \cdot K_{год.маx}}{10^3}, \quad (1.7)$$

де $Q_{год.маx}$ – найбільша погодинна витрата води населенням на господарсько-питні потреби, м³/год;

$K_{год.маx}$ – коефіцієнт погодинної нерівномірності, що визначається за формулою (1.2).

Максимальна секундна витрата води

$$Q_{c.\max} = \frac{Q_{год.\max}}{3,6}, \quad (1.8)$$

де $Q_{c.\max}$ – найбільша секундна витрата води, л/с.

1.5.2. 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 [3, 15]

$$Q_{доб.\max} = \frac{F_e \cdot q_e \cdot n \cdot 0,1}{10^3}, \quad (1.9)$$

де $Q_{доб.\max}$ – максимальна добова витрата води на полив вулиць і майданів, м³/д;

F_e – площа вулиць і майданів, м²;

q_e – норма витрати води на полив, яка береться в залежності від типу покриття, виду поливу та інших умов, л/м². Для механізованого поливу удосконалених покриттів вулиць і майданів $q_e=0,3-0,4$ л/м²;

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

0,1 – поливається 10% від усієї площі.

Середня погодинна витрата води обчислюється за формулою

$$Q_{год.\mid} = \frac{Q_{доб.\max}}{24}, \quad (1.10)$$

де $Q_{год.\mid}$ – середня погодинна витрата води населенням на полив вулиць і майданів, м³/год.

Максимальна погодинна витрата води визначається за формулою

$$Q_{год.\max} = \frac{0,0417 \cdot F \cdot K_{год} \cdot q_e \cdot n \cdot 0,1}{10^3}, \quad (1.11)$$

де $Q_{год.\max}$ – найбільша погодинна витрата води населенням на полив вулиць і майданів, м³/год;

$K_{год}$ – коефіцієнт погодинної нерівномірності витрати води на

полив (для середніх міст $K_{год}=4$).

Максимальна секундна витрата води визначається за формулою (1.8).

Визначення витрат води на полив зелених насаджень

Максимальна добова витрата води визначається за формулою [3, 15]

$$Q_{доб.маx} = \frac{F_3 \cdot q_3 \cdot n \cdot 0,15}{10^3}, \quad (1.12)$$

де $Q_{доб.маx}$ – максимальна добова витрата води на полив зелених насаджень, м³/д;

F_3 – площа зелених насаджень, м²;

q_3 – норма витрати води на полив, л/м², ($q_3=3,0-4,0$ л/м²);

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

0,15 – поливається 15% від усієї площі.

Середня погодинна витрата води обчислюється за формулою

$$Q_{год.мid} = \frac{Q_{доб.маx}}{24}, \quad (1.13)$$

де $Q_{год.мid}$ – середня погодинна витрата води населенням на полив зелених насаджень, м³/год.

Максимальна погодинна витрата води визначається за формулою

$$Q_{год.маx} = \frac{0,0417 \cdot F_3 \cdot K_{год} \cdot q_3 \cdot n \cdot 0,15}{10^3}, \quad (1.14)$$

де $Q_{год.маx}$ – найбільша погодинна витрата води населенням на полив зелених насаджень, м³/год;

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

Максимальна секундна витрата води визначається за формулою (1.8).

1.5.3. 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 [3, 15]

$$Q_{год.мид} = \frac{0,045 \cdot n_2 + 0,025 \cdot n_x}{24}, \quad (1.15)$$

де $Q_{год.мид}$ – середня погодинна витрата води на господарсько-питні потреби підприємства, м³/год;

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

n_2 і n_x – 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

$$Q_{год.мак} = \frac{0,045 \cdot n_2 \cdot K_2 + 0,025 \cdot n_x \cdot K_x}{t_{зм}}, \quad (1.16)$$

де $Q_{год.мак}$ – максимальна погодинна витрата води на господарсько-питні потреби підприємства, м³/год;

K_2 і K_x – коефіцієнти погодинної нерівномірності відповідно в гарячих і холодних цехах – $K_2=2,5$, $K_x=3$;

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

Максимальна секундна витрата води визначається за формулою (1.8).

Визначення побутових витрат води на підприємствах

Кількість працюючих, які користуються душем, встановлюється для кожного підприємства з дотриманням санітарних норм проектування промислових підприємств (табл. 1.6).

За нормами користування, душ приймають протягом 45 хв після закінчення кожної зміни [3, 15], при цьому максимальна погодинна витрата води на душ складає

$$Q_{год.мак} = \frac{Q_{зм}}{0,75}, \quad (1.17)$$

де $Q_{год.мак}$ – найбільша погодинна витрата води на душ, м³/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, м³;

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

холодних цехах.

Максимальна секундна витрата води визначається за формулою (1.8).

Таблиця 1.6 – Кількість робітників, які обслуговуються однією душовою сіткою [15]

№ 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 [3, 15]

$$Q_{доб.маx} = П \cdot q_{нит}, \quad (1.18)$$

де $Q_{доб.маx}$ – найбільша добова витрата води на підприємстві на виробничі потреби, м³/д;

$П$ – добова продукція підприємства (додаток, табл. 3);

$q_{нит}$ – середня питома витрата води на виробництво одиниці продукції, м³ (додаток, табл. 3).

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

Максимальна погодинна витрата води при цьому дорівнює

$$Q_{год.маx} = \frac{Q_{доб.маx}}{t}, \quad (1.19)$$

де $Q_{год.маx}$ – найбільша погодинна витрата води на виробничі потреби, м³/год;

t – тривалість роботи підприємства в розрізі доби, год.

Максимальна секундна витрата води на виробничі потреби обчислюється за формулою (1.8).

1.5.4. 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 [3, 15]

$$Q_{\text{пож.мах}} = q_{\text{пож}} \cdot n + q'_{\text{пож}}, \quad (1.20)$$

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

$q_{\text{пож}}$ – розрахункова витрата води на пожежогасіння 1 зовнішньої пожежі, л/с, (визначається за табл. 1.2 для населеного пункту або табл. 1.3 для промислового підприємства);

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

n – кількість пожеж (табл. 1.2).

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

$$Q'_{\text{пож}} = 10,8(q_{\text{пож}} \cdot 2 + q'_{\text{пож}}), \quad (1.21)$$

де $Q'_{\text{пож}}$ – повний об'єм води на гасіння пожежі окремо для населеного пункту $Q_{\text{пож}}^{\text{НП}}$ та для промислового підприємства $Q_{\text{пож}}^{\text{ПП}}$, м³.

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

$$Q_{\text{пож}} = Q_{\text{пож}}^{\text{НП}} + 0,5Q_{\text{пож}}^{\text{ПП}}, \quad (1.22)$$

де $Q_{\text{пож}}$ – повний об'єм води на пожежогасіння, м³;

$Q_{\text{пож}}^{\text{НП}}$ і $Q_{\text{пож}}^{\text{ПП}}$ – відповідно витрати води на гасіння пожеж для населеного пункту та для промислового підприємства, м³.

Витрата води на пожежогасіння за 1 годину:

$$Q_{\text{год.пож}} = \frac{Q_{\text{пож}}}{3}, \quad (1.23)$$

де $Q_{год.пож}$ – витрата води на пожежогасіння за 1 год, м³/год;

$Q_{пож}$ – повна витрата води на пожежогасіння, м³.

Секундна витрата води на пожежогасіння:

$$Q_{с.пож} = \frac{Q_{год.пож}}{3,6}, \quad (1.24)$$

де $Q_{с.пож}$ – 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. Що називається нормою водоспоживання?
4. Які середньодобові норми господарсько-питного водоспоживання Ви можете перелічити?
5. Яким чином оцінюється коливання режиму господарсько-питного водоспоживання протягом доби?
6. Які основні розрахункові витрати води окремими категоріями споживачів Ви можете назвати?
7. Яким чином визначаються максимальні добові, середні погодинні, максимальні погодинні та максимальні секундні витрати води населенням міст?
8. З яких витрат складаються витрати води на комунальні потреби міст?
9. Яким чином розраховуються максимальні добові, середні і максимальні погодинні витрати та максимальні секундні витрати води на полив вулиць, майданів міст та зелених насаджень?
10. Як розраховуються загальні витрати води господарсько-питного водопостачання?
11. З яких витрат води складаються витрати для промислових підприємств?
12. Яким чином відбувається розрахунок витрат води на господарсько-питні потреби підприємств?
13. Перелічіть основні розрахункові витрати води на виробничі потреби підприємств.
14. Яким чином обчислюється повна витрата води на гасіння пожеж?

Завдання

1. Використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 1), розрахувати демографічну місткість території за формулою (1.1).
2. Необхідно обчислити розрахункові витрати води окремими

категоріями споживачів:

- Витрати для господарсько-питного й комунального водопостачання для населених пунктів, послідовно використовуючи формули (1.4)-(1.8) та (1.9)-(1.14) згідно з вхідними даними свого варіанта (додаток, табл. 2).

Розрахункові витрати води на господарсько-питні й комунальні потреби населених міст необхідно звести до форми табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Витрати води на господарсько-питні й комунальні потреби міст

№	Вид витрати води	$Q_{доб.маx}$, м ³ /д	$Q_{год.mid}$, м ³ /ГОД	$Q_{год.маx}$, м ³ /ГОД	$Q_{с.маx}$, л/с
1	Господарсько-питні потреби населення				
2	Полив вулиць і площ				
3	Полив зелених насаджень				
	РАЗОМ				

- Витрати води для промислових підприємств, використовуючи формули (1.15)-(1.19) згідно з вхідними даними свого варіанта (додаток, табл. 3). 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, складає 30% від загального числа працюючих з розподілом за цехами: у холодних цехах – 10%, у гарячих цехах – 20%.

Розрахункові витрати води для промислових підприємств необхідно звести до табл. 1.8.

Таблиця 1.8 – Витрати води для промислових підприємств

№	Вид витрати води	$Q_{доб.маx}$, м ³ /д	$Q_{год.mid}$, м ³ /ГОД	$Q_{год.маx}$, м ³ /ГОД	$Q_{с.маx}$, л/с
1	Господарсько-питні потреби підприємства				
2	Витрати води на душ				
3	Витрати води на виробничі потреби				
	РАЗОМ				

- Витрати води на гасіння пожеж, використовуючи формули

(1.20)-(1.24) згідно з вхідними даними свого варіанта (додаток, табл. 4).

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

Таблиця 1.9 – Зведена таблиця витрат води

№	Вид витрати води	$Q_{доб.маx}$, м ³ /д	$Q_{год.mid}$, м ³ /ГОД	$Q_{год.маx}$, м ³ /ГОД	$Q_{с.маx}$, л/с
1	Господарсько-питні потреби населення				
2	Комунальні потреби міста				
3	Витрати води для промислового підприємства				
4	Витрати води на пожежогасіння				
	РАЗОМ				

3. Зробити висновки.

Приклади розрахунків

1. Для визначення демографічної місткості території, по якій протікає р. Зубра – с. Димівка, необхідно використати формулу (1.1). Її складові такі: сумарний приплив річкових вод $Q_{np}=80110$ м³/д; об'єм води, необхідний 1 тис. мешканців $Q_{num}=2000$ м³/д; оптимальна кратність розведення $R=0,25$. Тоді орієнтовне значення демографічної місткості території, по якій протікає р. Зубра – с. Димівка буде дорівнювати

$$E = 80110 \cdot 0,25 \cdot 1000 / 2000 = 10014 \text{ чол.}$$

2. Для обчислення розрахункових витрат господарсько-питного водопостачання для населення міста необхідно, приймаючи, що площа частини міста $F=216,77$ га; густота населення міста $P=380$ чол./га,

- розрахувати за формулою (1.4) кількість населення міста, яка в даному випадку складає

$$N = 216,77 \cdot 380 = 82373 \text{ чол.};$$

- знайти за формулою (1.5) максимальну добову витрату води населенням міста

$$Q_{\text{доб. max}} = \frac{82373 \cdot 315}{1000} = 25947 \text{ м}^3/\text{д};$$

- обчислити за формулою (1.6) середню погодинну витрату води

$$Q_{\text{год. mid}} = \frac{25947}{24} = 1018 \text{ м}^3/\text{год};$$

- визначити за формулою (1.7) максимальну погодинну витрату води

$$K_{\text{год. max}} = 1,3 \cdot 1,118 = 1,45,$$

$$Q_{\text{год. max}} = \frac{0,0417 \cdot 82373 \cdot 315 \cdot 1,45}{1000} = 1569 \text{ м}^3/\text{д};$$

- розрахувати за формулою (1.8) максимальну секундну витрату води

$$Q_{\text{с. max}} = \frac{1569}{3,6} = 436 \text{ л/с}.$$

Витрати води для комунального водопостачання складаються з витрат води на полив вулиць і майданів та витрат води на полив зелених насаджень.

Для обчислення розрахункових витрат води на полив вулиць і майданів міста необхідно:

- розрахувати за формулою (1.9) максимальну добову витрату води

$$Q_{\text{доб. max}} = \frac{180700 \cdot 0,3 \cdot 2 \cdot 0,1}{1000} = 10,8 \text{ м}^3/\text{д};$$

- знайти за формулою (1.10) середню погодинну витрату води

$$Q_{\text{год. mid}} = \frac{10,8}{24} = 0,45 \text{ м}^3/\text{год};$$

- визначити за формулою (1.11) максимальну погодинну витрату води

$$Q_{год.маx} = \frac{0,0417 \cdot 180700 \cdot 4 \cdot 0,3 \cdot 2 \cdot 0,1}{1000} = 1,81 \text{ м}^3/\text{год};$$

- обчислити за формулою (1.8) максимальну секундну витрату води

$$Q_{с.маx} = \frac{1,81}{3,6} = 0,50 \text{ л/с.}$$

Для обчислення розрахункових витрат води на полив зелених насаджень необхідно:

- розрахувати за формулою (1.12) максимальну добову витрату води

$$Q_{доб.маx} = \frac{542900 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 0,15}{1000} = 651,5 \text{ м}^3/\text{д};$$

- обчислити за формулою (1.13) середню погодинну витрату води

$$Q_{год.mid} = \frac{651,5}{24} = 27,1 \text{ м}^3/\text{год};$$

- визначити за формулою (1.14) максимальну погодинну витрату води

$$Q_{год.маx} = \frac{0,0417 \cdot 542900 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 0,15}{1000} = 109 \text{ м}^3/\text{год};$$

- знайти за формулою (1.8) максимальну секундну витрату води

$$Q_{с.маx} = \frac{109}{3,6} = 30,2 \text{ л/с.}$$

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.

Перед початком розрахунків витрат води на господарсько-питні й комунальні потреби необхідно визначити кількість працюючих у холодних і гарячих цехах на підприємстві. Наприклад, на тракторному заводі працюють 4500 чоловік, у тому числі в максимальну зміну – 1900 чоловік.

У холодних цехах зайняті 80% від загальної кількості працюючих, що складає 3600 чол., а в гарячих цехах – 20%, що складає 900 чол. У максимальну зміну з кількістю працюючих 1900 чол.: у холодних цехах – 80% (1520 чол.), у гарячих цехах – 20% (380 чол.).

Для обчислення розрахункових витрат води на господарсько-питні потреби промислового підприємства необхідно:

- розрахувати за формулою (1.15) середню погодинну витрату води

$$Q_{год.мид} = \frac{0,045 \cdot 900 + 0,025 \cdot 3600}{24} = 5,44 \text{ м}^3/\text{год};$$

- знайти за формулою (1.16) максимальну погодинну витрату води

$$Q_{год.мак} = \frac{0,045 \cdot 380 \cdot 2,5 + 0,025 \cdot 1520 \cdot 3}{8} = \frac{42,75 + 114}{8} = 19,6 \text{ м}^3/\text{год};$$

- визначити за формулою (1.8) максимальну секундну витрату води

$$Q_{с.мак} = \frac{19,6}{3,6} = 5,40 \text{ л/с.}$$

Перед початком розрахунків душових витрат води необхідно визначити кількість працюючих, які користуються душами у холодних і гарячих цехах на підприємстві. Наприклад, на тракторному заводі кількість працюючих, які користуються душами, складає 30% від загального числа працюючих, тобто 1350 чоловік, з розподілом за цехами: у холодних цехах – 10% (450 чол.), у гарячих цехах – 20% (900 чол.). У максимальну зміну з кількістю працюючих 1900 чол.: у холодних цехах – 10% (190 чол.), у гарячих цехах – 20% (380 чол.).

Для обчислення розрахункових витрат води на душ для підприємства необхідно:

- визначити за формулою (1.17) середню погодинну витрату води

$$Q_{зм} = (0,06 \cdot 380 + 0,04 \cdot 190) = 22,8 + 7,6 = 30,4 \text{ м}^3,$$

$$Q_{год.мак} = \frac{30,4}{0,75} = 40,5 \text{ м}^3/\text{год};$$

- розрахувати за формулою (1.8) максимальну секундну витрату води

$$Q_{c.\max} = \frac{40,5}{3,6} = 11,2 \text{ л/с.}$$

Для обчислення розрахункових витрат води на виробничі потреби підприємства необхідно:

- за формулою (1.18) розрахувати максимальну добову витрату води

$$Q_{\text{доб.}\max} = 120 \cdot 45 = 5400 \text{ м}^3/\text{д};$$

- за формулою (1.19) визначити максимальну погодинну витрату води

$$Q_{\text{год.}\max} = \frac{5400}{24} = 225 \text{ м}^3/\text{год};$$

- за формулою (1.8) обчислити максимальну секундну витрату води

$$Q_{c.\max} = \frac{225}{3,6} = 62,5 \text{ л/с.}$$

Для обчислення розрахункових витрат води на гасіння пожеж необхідно:

- розрахувати за формулою (1.20) максимальну секундну витрату води для населеного пункту $Q_{\text{пож.}\max}^{\text{НП}}$ і для промислового підприємства $Q_{\text{пож.}\max}^{\text{ПП}}$

$$Q_{\text{пож.}\max}^{\text{НП}} = 35 \cdot 2 + 10 = 80,0 \text{ л/с,}$$

$$Q_{\text{пож.}\max}^{\text{ПП}} = 25 \cdot 2 + 10 = 60,0 \text{ л/с;}$$

- визначити за формулою (1.21) повний об'єм води для населеного пункту $Q_{\text{пож}}^{\text{НП}}$ і для промислового підприємства $Q_{\text{пож}}^{\text{ПП}}$

$$Q_{\text{пож}}^{\text{НП}} = 10,8(35 \cdot 2 + 10) = 864 \text{ м}^3,$$

$$Q_{пож}^{III} = 10,8(25 \cdot 2 + 10) = 648 \text{ м}^3;$$

- знайти за формулою (1.22) повний об'єм води на гасіння пожеж

$$Q_{пож} = 864 + 0,5 \cdot 648 = 1188 \text{ м}^3;$$

- обчислити за формулою (1.23) витрату води на пожежогасіння за 1 годину

$$Q_{год.пож} = \frac{1188}{3} = 396 \text{ м}^3/\text{год};$$

- визначити за формулою (1.24) секундну витрату води

$$Q_{с.пож} = \frac{396}{3,6} = 110 \text{ л/с.}$$

Розділ 2. Гідроекологічні основи водовідведення

2.1. Класифікація промислових стічних вод і їх властивості

Стічні води, що утворюються на промислових підприємствах, 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 (нафтодобувна, нафтопереробна, нафтохімічна, легка і харчова промисловість, підприємства з органічного синтезу).

За ступенем мінералізації стічні води поділяють на три групи. До першої належать стічні води з мінералізацією до 3 кг/м³. Їх можна знесолювати іонним обміном. Стічні води другої групи мають мінералізацію 3-15 кг/м³. Для знесолення таких вод використовують мембранні засоби. До третьої групи належать стічні води з мінералізацією понад 15 кг/м³, знесолювати які доцільно термічними способами.

Виробничі стічні води *за концентрацією органічних домішок* поділяють на чотири категорії, (мг/дм³): I – до 500; II – 500-5000; III – 5000-30000; IV – понад 30000. За ступенем агресивності розрізняють неагресивні (рН=6,5-8,0) і слабкоагресивні (рН<6 та рН>9) стічні води. Вони можуть також різнитися за фізичними властивостями забруднювальних органічних речовин, температурою кипіння (менше 120, 120-250 і понад 250°C).

Незабруднені виробничі стічні води надходять з 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 цього розрізняють:

- виробничі води, що утворюються в технологічних операціях, часто забруднені усіма речовинами, які використовуються в технологічних процесах певного виробництва. Інколи частина цих вод буває слабкозабрудненою, і вони належать до умовно чистих;
- води з допоміжних операцій і процесів. Це здебільшого охолоджувальні води, які зазвичай не забруднені і мають підвищену

температуру;

– води з допоміжних цехів та цехів обслуговування (котелень, сховищ сировини і продуктів, транспортування палива і сировини тощо).

На різних підприємствах навіть з однаковою технологією виробництва склад стічних вод, їх вихід та режим водовідведення дуже різняться. На склад виробничих стічних вод значно впливає якість перероблюваної сировини, її фізико-хімічні властивості й особливо хімічний склад.

Залежно від виду та концентрації забруднювальних речовин, кількості стічних вод і місця їх утворення виробничі стічні води відводяться одним загальним або кількома самостійними потоками. У самостійні потоки входять:

– слабкозабруднені промислові стічні води, що містять один або кілька видів забрудників;

– промислові стічні води, що містять токсичні сполуки;

– кислі або лужні стічні води;

– виробничі стічні води з неприємним запахом;

– високомінералізовані води;

– промислові стічні води, що містять масла, жири, нафтопродукти тощо;

– промислові стічні води, які після об'єднання в один потік можуть утворювати пожежо- та вибухонебезпечні суміші.

За відсутності чітко визначених видів забруднювальних речовин усі виробничі стічні води об'єднуються в один потік. Практично чисті води від допоміжних операцій зазвичай відводяться одним потоком. Інколи їх об'єднують разом зі зливовими (дощовими) водами

На кількість і склад виробничих стічних вод значно впливає система водозабезпечення. Чим більше води зворотного циклу використовується на технологічні потреби, тим меншою є абсолютна кількість стічних вод та більше може міститися у них забруднень.

Розрахункові витрати зливових вод визначаються з урахуванням кліматичних умов місцевості. Ці води відводять окремо або разом з виробничими стічними водами. Слід зазначити, що виробничі стічні води можуть відводитися рівномірно і нерівномірно. На деяких виробництвах хімічної, легкої, текстильної, фармацевтичної, харчової та інших галузей промисловості виконується залповий скид висококонцентрованих і високотоксичних вод. При цьому періодичність скиду може бути один раз за зміну, добу, тиждень і визначається регламентом виробництва.

Для відведення стічних вод від окремих апаратів виконується розрахунок трубопроводів згідно з максимальними витратами води за секунду. Цехові трубопроводи, а також зовнішні колектори від окремих цехів або заводських корпусів розраховуються для пропуску максимальної погодинної витрати води промислових об'єктів; загальнозаводські і

позамайданчикові колектори – відповідно до суміщеного графіка погодинних витрат від кількох цехів або корпусів.

Технологія різних виробництв у деяких випадках потребує враховувати режим припливу стічних вод не тільки впродовж доби, а й місяця або сезону року (спиртово-крохмальні, цукрові, консервні, виноробні та інші заводи) [2].

2.2. Системи водовідведення

Системи водовідведення (каналізування) – це комплекс інженерних споруд, технічних і санітарних заходів, які забезпечують організоване збирання й виведення трубопроводами стічних вод з території населених пунктів або промислових підприємств, їх очищення, знешкодження і знезараження [2].

Обираючи систему водовідведення стічних вод, необхідно враховувати [2, 6]:

- можливість зменшення кількості забруднених промислових стічних вод підприємства за рахунок раціоналізації технологічних процесів;
- можливість повторного використання промислових стічних вод у системі зворотного водопостачання або використання їх в інших виробництвах з менш жорсткими вимогами щодо якості води;
- доцільність вилучення і використання цінних компонентів, що містяться в стічних водах;
- можливість і доцільність сумісного водовідведення від кількох поряд розташованих промислових підприємств та інших об'єктів та приєднання їх до міської каналізаційної мережі;
- умови скиду промислових стічних вод у водойми і потрібний ступінь їх очищення;
- можливі способи очищення стічних вод та їх використання в замкнених водообмінних циклах;
- можливість і доцільність використання виробничих стічних вод для зрошування сільськогосподарських угідь;
- доцільність локального очищення стічних вод окремих виробництв;
- самоочисну здатність водойми;
- техніко-економічні показники для кожного варіанта рішення.

Каналізаційні мережі, насосні станції і споруди для очищення виробничих стоків, що розміщуються на промисловому підприємстві, тобто у місцях їх утворення, належать до системи внутрішньомайданчикової (внутрішньої) каналізації. Якщо зазначені комплекси споруд розташовані поза виробничим майданчиком, то вони

входять до системи позамайданчикової (зовнішньої) каналізації і їх проектують з урахуванням каналізування комплексу промислових підприємств і населених пунктів певного району.

На промислових підприємствах інколи виникає потреба разового скиду збільшеної кількості стічних вод та аварійний скид стічних вод («залпові» скиди). Тому споруди каналізування обладнуються приймальними резервуарами певної місткості, щоб можна було регулювати надходження стічних вод до каналізаційної мережі. Для забезпечення сталості складу виробничих стічних вод їх спочатку приймають в усереднювальні резервуари, що сприяє підвищенню надійності роботи очисних споруд. У разі каналізування кількох поряд розташованих промислових підприємств слід прагнути до сумісного їх відведення, оскільки це зменшує вартість будівництва та експлуатації очисних споруд.

Вода, яка використовується для побутових потреб (пиття, приготування їжі і задоволення санітарно-гігієнічних потреб) та для здійснення виробничих процесів, а також дощові й талі води з міських територій видаляються через систему водовідведення і подаються на міські очисні споруди. У разі вимушеного скиду недостатньо очищених або зовсім неочищених стічних вод у водні об'єкти виникає загроза їх забруднення. У разі обмеження потужності міських очисних споруд дощові й талі води частково або повністю скидаються у природні водойми без очищення. Разом з ними можуть скидатися частково й міські стічні води.

Водовідвідні системи поділяються на загальносплавні, роздільні і комбіновані. В свою чергу, роздільні системи поділяють на повні роздільні, неповні роздільні, напівроздільні.

Загальносплавна система водовідведення (рис. 2.1, а) має одну водовідвідну мережу, яка призначена для відведення всіх стічних вод – виробничих, побутових, атмосферних. Уздовж головного колектора загальносплавної системи можуть бути влаштовані зливовідводи для безпосереднього скиду в річку частини стоку. Це здійснюють з метою зменшення розмірів та кількості колекторів, тобто здешевлення водовідвідної системи.

Зливовідводи мають виключати можливість переповнення головного колектора під час сильних злив. Конструкція і розміщення зливовідводів дає змогу здійснити скид стічних вод у річку не раніше ніж через 30 хв після початку зливи. За цей час забруднений поверхневий стік з міської території загальносплавним колектором потраплятиме на міські очисні споруди, а менш забруднена частина стоку безпосередньо надходитиме в річку. Загальносплавні системи каналізації застосовуються тоді, коли всі три види стічних вод (виробничі, побутові, атмосферні) мають мінералізацію, що допускає їх сумісне біологічне очищення, та за

наявності у місті повноводної річки. При цьому загальна кількість мінеральних солей у стоках не повинна змінювати вміст солей у водоймі-приймачі більше ніж на величину, що визначається ГДК.

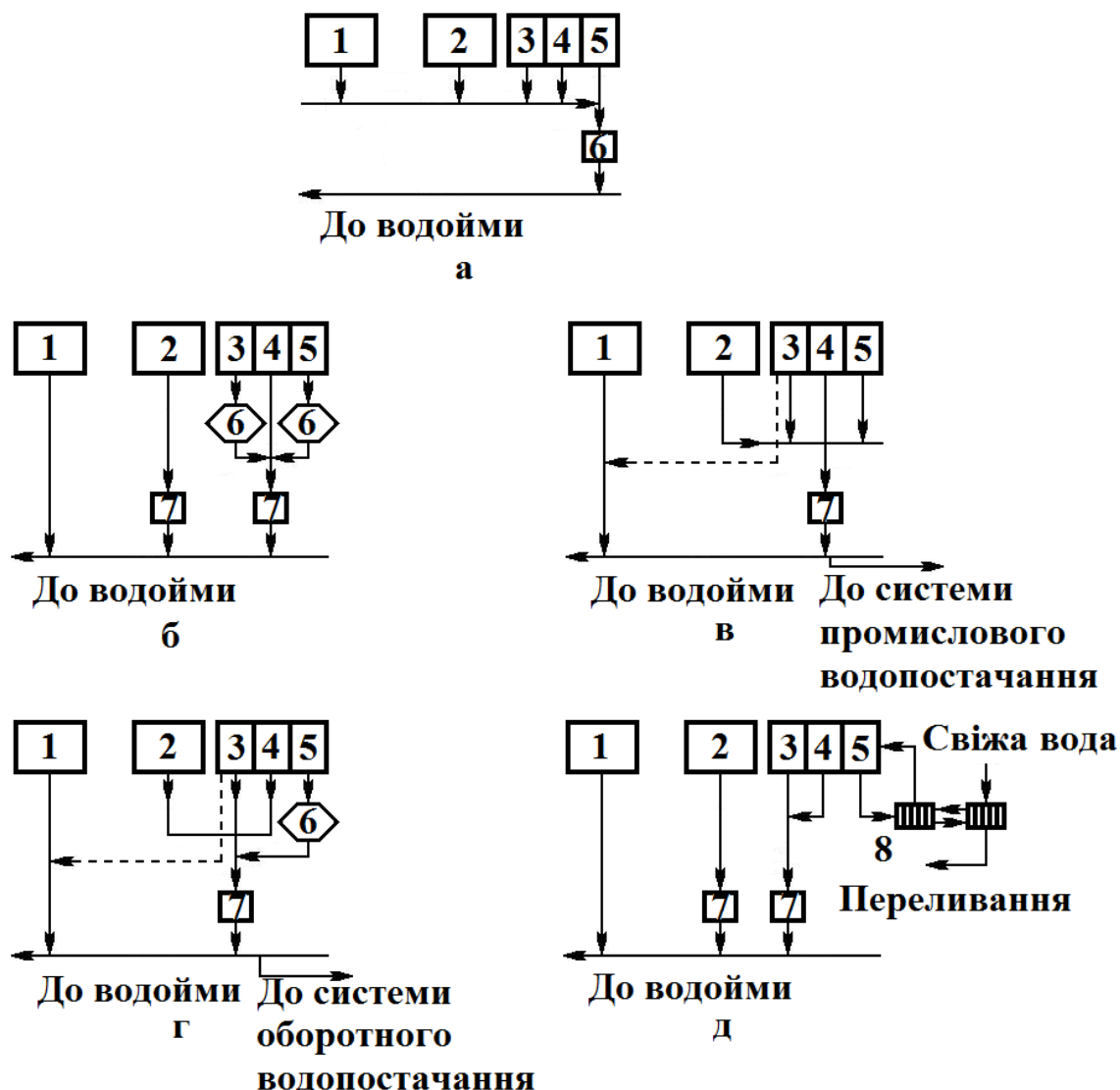


Рис. 2.1 – Системи водовідведення [2, 3]

Умовні позначення: а – загальносплавна; б – повна роздільна; в – двомережна неповна роздільна; г – роздільна з локальними очисними спорудами; д – роздільна з використанням виробничих стічних вод для зворотного водопостачання; 1 – зливи (дошові) води; 2 – побутові води; 3, 4, 5 – відповідно 1-, 2- і 3-й цехи; 6 – локальні очисні споруди; 7 – очисні споруди; 8 – охолоджувальні споруди

Повна роздільна система водовідведення має два або більше колекторів, призначених для окремого відведення стічних вод певної

категорії (рис. 2.1, б). Такі системи водовідведення застосовуються, якщо неможливо виконати сумісне очищення виробничих побутових стічних вод. Недоцільність змішування цих вод виникає тоді, коли виробничі стічні води містять велику кількість механічних домішок мінерального походження та інші органічні речовини (нафту, мастила тощо). Їх наявність ускладнює технологію очищення та обробку й утилізацію осаду, який одержують після очищення. Тому виробничі стічні води очищують на локальних системах водоочищення, де використовуються хімічні або фізико-хімічні способи очищення. Якщо територія підприємства не забруднена токсичними речовинами, зливові води можна скидати безпосередньо у водойму або після їх відстоювання в контрольному басейні використовувати для підживлення системи зворотного водопостачання.

Двомерезну неповну роздільну систему водовідведення (рис. 2.1, в) використовують для очищення побутових і виробничих стічних вод, якщо мінералізація та склад органічних забруднень дають змогу здійснювати їх сумісне очищення (наприклад, на підприємствах харчової промисловості, де виробничі стоки за своїм складом близькі до побутових). Якщо на підприємстві утворюються умовно чисті виробничі води (з підвищеними вмістом завислих речовин і температурою), то їх відводять зливовою каналізацією або використовують у системі зворотного водопостачання після охолодження і відстоювання.

Неповна роздільна система водовідведення передбачає відведення господарсько-побутових і промислових стічних вод єдиним колектором. Відведення атмосферних стічних вод здійснюється окремо колекторами, лотоками або канавами. Зазвичай неповна роздільна система використовується на невеликих об'єктах водовідведення.

У разі забруднення виробничих стічних вод цінними речовинами їх відводять окремими лініями на локальні очисні установки для вилучення, регенерації або утилізації цінних продуктів (рис. 2.1, г). Очищені води можна повторно використовувати в технологічних процесах або скидати в загальний колектор промислових стічних вод для сумісного доочищення з іншими стоками на загальнозаводських очисних спорудах.

Крім того, є системи водовідведення з повним або частковим використанням суміші очищених стічних і зливових вод для потреб промислового водопостачання, а також з **роздільною системою каналізування** підприємства тоді, коли виробничі стічні води використовуються для зворотного водопостачання, а очищені побутові й зливові стічні води скидаються у водойми (рис. 2.1, д).

Комбінована система водовідведення є сукупністю загальносплавної з повною роздільною системою. Така система формується у міру розвитку і реконструкції каналізаційної мережі міста. В старій частині міста функціонує, наприклад, загальносплавна система

водовідведення, а в районах новобудов створюється повна роздільна система. Стічні води, що періодично надходять після миття підлог, потрапляють у приймальні резервуари. Однак надходження у такі резервуари стічних вод, які під час змішування утворюють токсичні гази, категорично забороняється.

Окремі приймальні резервуари на підприємствах встановлюються у таких випадках:

- при перекачуванні стічних вод різних категорій, змішування яких може спричинити утворення токсичних або вибухонебезпечних сумішей газів та утворення осадів;
- при перекачуванні стічних вод, що містять сірководень, сірковуглець та інші вибухонебезпечні й токсичні гази;
- при перекачуванні нафтопродуктів, виділених зі стічних вод [2, 3].

2.3. 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) – густина населення, чол./га.

Густина 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, м³, 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).

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 2.1 – Норми водовідведення від районів житлової забудови [3, 12]

№ 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

Таблиця 2.2 – Норми водовідведення побутових стічних вод промислових підприємств [3, 12]

№ 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 ³ ·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} [14]

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

2.3.1. Витрати стічних вод від населення міста

Середньодобова витрата стічних вод від населення міст обчислюють за формулою [3, 15]

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

де $Q_{доб.mid}$ – середньодобова витрата стічних вод від населення міста, м³/д;

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

Середня секундна витрата стічних вод дорівнює

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

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

2.3.2. 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 [3, 15]

$$Q_{доб.mid} = \frac{45 \cdot n_z + 25 \cdot n_x}{10^3}, \quad (2.4)$$

де $Q_{доб.мід}$ – середня добова витрата побутових стічних вод від підприємства, м³/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

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

де $Q_{год.маx}$ – максимальна погодинна витрата побутових стічних вод, м³/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).

Розрахункова секундна витрата стічних вод дорівнює

$$Q_{с.маx} = \frac{45 \cdot n_г \cdot K_г + 25 \cdot n_х \cdot K_х}{t_{зм} \cdot 60 \cdot 60}, \quad (2.6)$$

де $Q_{с.маx}$ – 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 [3, 15]

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

де $Q_{зм} = (0,06 \cdot n_г + 0,04 \cdot n_х)$ – об'єми води на душ за зміну у гарячих і холодних цехах, м³.

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

Максимальна секундна витрата води визначається за формулою (1.8).

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

$$Q_{зм.маx} = \frac{q_{\partial} \cdot m_q \cdot 45}{60 \cdot 1000}, \quad (2.8)$$

де $Q_{зм.маx}$ – максимальна витрата стічних вод від душових за зміну, м³/зміну;

q_{∂} – витрата води через одну душову сітку, л/год, ($q_{\partial}=500$ 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 [3, 15]

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

де $Q_{доб.мid}$ – середня добова витрата стічних вод від технологічних процесів, м³/д;

Π – добова продукція підприємства (додаток, табл. 3);

q_{num} – питоме водовідведення на одиницю продукції, м³ (додаток, табл. 3).

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, м³/год;

t – тривалість роботи підприємства в розрізі доби, год.

Максимальна секундна витрата води на виробничі потреби обчислюється за формулою (1.8).

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

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

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

$\Pi_{маx}$ – кількість одиниць продукції, що випускається у

максимальну зміну.

2.4. 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 [6]:

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 [6, 7] 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

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

де W_{np} – об'єм води, що надходить в ставок, м³;

C_{np} – мінералізація води, що надходить в ставок, мг/дм³;

W_{cm} – об'єм води, що виходить зі ставка, м³;

C_{cm} – мінералізація води, що виходить зі ставка, мг/дм³;

W_{on} – об'єм атмосферних опадів, що випали на водне дзеркало, м³;

$W_{вин}$ – об'єм води, що випарувався з поверхні води, м³;

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

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

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

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

Надходження солей з атмосферними опадами не враховується [6].

В першому припущенні можна прийняти, що

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

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

$$C_{кін} = (W_{np}C_{np} - 0,5W_{cm}C_{cm} + W_{поч}C_{поч}) / (W_{np} + W_{on} - W_{вин} - 0,5W_{cm} + W_{поч}). \quad (2.15)$$

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 необхідно врахувати, обираючи систему водовідведення стічних вод?
3. Що називається нормою водовідведення?
4. З яких витрат складаються витрати стічних вод?
5. Яким чином виконується розрахунок середньодобових та середніх секундних витрат стічних вод від населення міста?
6. З яких витрат складаються витрати стічних вод від промислових підприємств?
7. Яким чином відбувається розрахунок витрат виробничих, душових та побутових стічних вод на підприємстві?
8. Які види ставків-накопичувачів Ви знаєте? Яку функцію вони виконують?
9. Назвіть основні складові рівнянь водного та сольового балансів.
10. Як виконується обчислення мінералізації води в ставку на кінець заданого інтервалу часу?

Завдання

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. 2). Розрахункові витрати стічних вод від населення міста необхідно звести до форми табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Витрати стічних вод від населення міста

№	Вид витрати води	$Q_{доб. max}$, м ³ /д	$Q_{доб. mid}$, м ³ /д	$Q_{год. mid}$, м ³ /ГОД	$Q_{год. max}$, м ³ /ГОД	$Q_{с. max}$, л/с
1	Стічні води від населення міста					

- Витрати виробничих стічних вод від промислових підприємств за формулами (2.4)-(2.11), використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 3). 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, складає 30% від загальної кількості

працюючих з розподілом за цехами: у холодних – 10%, у гарячих – 20%.

Розрахункові витрати стічних вод від промислових підприємств звести до форми табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Витрати стічних вод від промислових підприємств

№	Вид витрати води	$Q_{доб.маx}$, м ³ /д	$Q_{доб.мid}$, м ³ /д	$Q_{год.мid}$, м ³ /ГОД	$Q_{год.маx}$, м ³ /ГОД	$Q_{с.маx}$, л/с
1	Побутові стічні води					
2	Стічні води від душових					
3	Виробничі стічні води					
	РАЗОМ					

• Усі розраховані витрати стічних вод необхідно звести до загальної таблиці (табл. 2.6).

Таблиця 2.6 – Зведена таблиця стічних витрат води

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

2. Використовуючи залежності (2.14), (2.15), необхідно розрахувати зміни концентрації солей в ставку-накопичувачі в часі згідно з вхідними даними свого варіанта, заповнивши до кінця табл. 5 в додатку. По розрахованих даних побудувати графік зміни мінералізації води в ставку на кінець інтервалу часу $C_{кін} = f(T)$, де T – місяці.

3. Зробити висновки.

Приклади розрахунків

1. Для обчислення розрахункових витрат стічних вод від населення міста:

• розрахувати за формулою (2.1) кількість мешканців, приймаючи, що площа частини міста $F=216,77$ га; густина населення міста

$P=380$ чол./га,

$$N = 216,77 \cdot 380 = 82373 \text{ чол.};$$

- обчислити за формулою (2.2) середньодобову витрату стічних вод

$$Q_{доб.мид} = \frac{82373 \cdot 315}{1000} = 25947 \text{ м}^3/\text{д};$$

- знайти за формулою (2.3) середню секундну витрату стічних вод

$$Q_{с.мид} = \frac{82373 \cdot 315}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 300 \text{ л/с.}$$

Витрата стічних вод від промислових підприємств складається з витрати побутових стічних вод, стічних вод від душових і витрати виробничих стічних вод.

Перед початком розрахунків витрат побутових стічних вод необхідно визначити кількість працюючих у холодних і гарячих цехах на підприємстві. Наприклад, на тракторному заводі працюють 4500 чоловік, у тому числі в максимальну зміну – 1900 чоловік. У холодних цехах зайняті 80% від загальної кількості працюючих, а в гарячих – 20%, що складає: у холодних цехах – 3600 чол., у гарячих цехах – 900 чол. У максимальну зміну з кількістю працюючих 1900 чол. розподіл складає відповідно: у холодних цехах – 1520 чол., у гарячих цехах – 380 чол.

Для обчислення розрахункових витрат побутових стічних вод необхідно:

- за формулою (2.4) визначити середньодобову витрату побутових стічних вод

$$Q_{доб.мид} = \frac{45 \cdot 900 + 25 \cdot 3600}{1000} = 130 \text{ м}^3/\text{д};$$

- за формулою (2.5) розрахувати максимальну погодинну витрату побутових стічних вод

$$Q_{год.мак} = \frac{45 \cdot 380 \cdot 2,5 + 25 \cdot 1520 \cdot 3}{8 \cdot 1000} = 19,6 \text{ м}^3/\text{год};$$

- за формулою (2.6) знайти секундну витрату стічних вод

$$Q_{c.\max} = \frac{45 \cdot 380 \cdot 2,5 + 25 \cdot 1520 \cdot 3}{8 \cdot 60 \cdot 60} = 5,40 \text{ л/с.}$$

Перед початком розрахунків душових витрат води необхідно визначити кількість працюючих, які користуються душами у холодних і гарячих цехах на підприємстві. Наприклад, на тракторному заводі кількість працюючих, які користуються душами, складає 30% від загального числа працюючих, тобто 1350 чоловік, з розподілом за цехами: у холодних – 10% (450 чол.), у гарячих – 20% (900 чол.). У максимальну зміну з кількістю працюючих 1900 чол.: у холодних цехах – 10% (190 чол.), у гарячих цехах – 20% (380 чол.).

Для обчислення розрахункових витрат стічних вод від душових підприємств необхідно:

- розрахувати за формулою (2.7) максимальну погодинну душову витрату води

$$Q_{з.м} = (0,06 \cdot 380 + 0,04 \cdot 190) = 30,4 \text{ м}^3,$$

$$Q_{год.\max} = \frac{30,4}{0,75} = 40,5 \text{ м}^3/\text{год};$$

- визначити за формулою (1.8) максимальну секундну витрату води

$$Q_{c.\max} = \frac{40,5}{3,6} = 11,3 \text{ л/с.}$$

Для обчислення розрахункових витрат виробничих стічних вод необхідно:

- знайти за формулою (2.9) середню добову витрату води

$$Q_{доб.\text{mid}} = 120 \cdot 45 = 5400 \text{ м}^3/\text{д};$$

- розрахувати за формулою (2.10) максимальну погодинну витрату води

$$Q_{год.\max} = \frac{5400}{24} = 225 \text{ м}^3/\text{год};$$

- обчислити за формулою (1.8) максимальну секундну витрату

ВОДИ

$$Q_{c.\max} = \frac{225}{3,6} = 62,5 \text{ л/с.}$$

2. Використовуючи формулу (2.15), необхідно розрахувати мінералізацію води в ставку $C_{кін}$ на початок червня

$$C_{кінV} = (1900 \cdot 2400 - 0,5 \cdot 1000 \cdot 2600 + 2000 \cdot 2500) / \text{мг/дм}^3 \\ / (1900 + 500 - 1000 - 0,5 \cdot 1000 + 2000) = 2848$$

Для обчислення мінералізації води, що виходить зі ставка $C_{ст}$ на початок червня, необхідно скористатися формулою (2.14)

$$C_{стV} = 0,5(2700 + 2848) = 2774 \text{ мг/дм}^3.$$

Далі, використовуючи наведені залежності, розрахувати значення концентрацій мінералізації на наступні місяці. По одержаних значеннях мінералізації води $C_{кін}$ будується графік зміни мінералізації у ставку-накопичувачу (рис. 2.2) за п'ять місяців $C_{кін} = f(T)$.

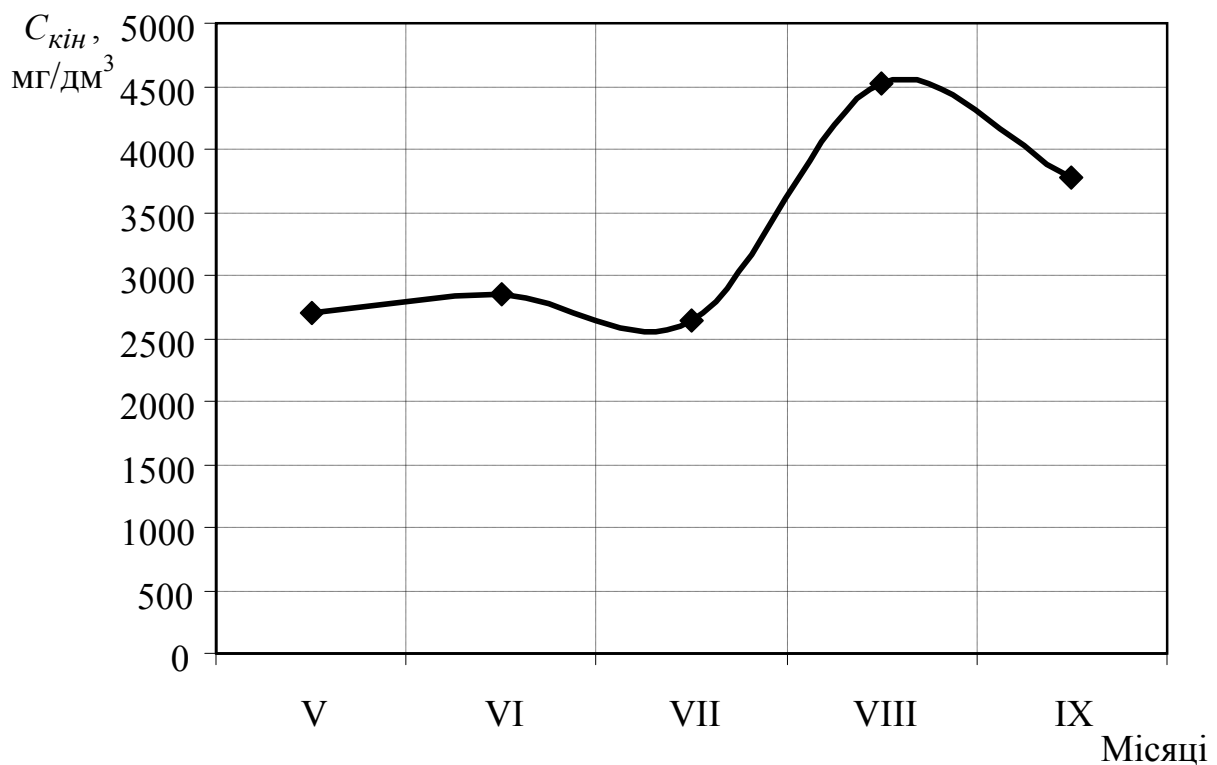


Рис. 2.2 – Динаміка мінералізації у ставку-накопичувачу

Розділ 3. Водокористування і якість води

3.1. Оцінювання якості води

Згідно з Водним кодексом України, оцінювання якості води здійснюється на основі нормативів екологічної безпеки водокористування та екологічних нормативів якості водних об'єктів. Чинні нормативи дають змогу оцінити якість води, яка використовується для комунально-побутового, господарського і рибогосподарського водокористування [2].

До нормативної бази оцінювання якості води входять загальні вимоги до складу і властивостей води та значення гранично допустимих концентрацій (ГДК) речовин у водних об'єктах. Залежно від значень показників якості поверхневі води належать до певних категорій і класів якості.

Загальні вимоги визначають допустимі склад і властивості води, які оцінюються найважливішими фізичними, узагальненими хімічними й бактеріологічними показниками [6, 7]. Вони можуть задаватися у вигляді конкретних величин, зміни величин показників в результаті дії зовнішніх чинників або у вигляді якісної характеристики показника.

Установлено два види нормативів. **Санітарно-гігієнічні нормативи** якості води (для потреб населення) – науково-обґрунтовані величини концентрації забруднювальних речовин та показники якості води (загальнофізичні, біологічні, хімічні, радіаційні), які не впливають прямо або опосередковано на життя та здоров'я населення. **Рибогосподарські нормативи** якості води – це науково-обґрунтовані величини концентрації забруднювальних речовин та показники якості води (загальнофізичні, біологічні, хімічні, радіаційні), які не впливають на збереження і відтворення промислово-цінних видів риб.

Гранично допустима концентрація (ГДК) – максимальний вміст речовини у воді, який не знижує працездатності й самопочуття людини, не шкодить її здоров'ю у разі постійного контакту та не зумовлює небажаних (негативних) наслідків у нащадків. Якщо концентрація будь-якої речовини у воді перевищує ГДК, то вода вважається непридатною для певного виду водокористування.

За характером негативної дії всі речовини поділяються на групи, причому кожна група поєднує речовини однакової ознаки дії, які називаються ознаками шкідливості. Одна й та сама речовина за різних концентрацій може виявляти різні ознаки шкідливості. Ознака шкідливості, яка виявляється за найменшої концентрації речовини, називається **лімітуючою ознакою шкідливості** (ЛОШ). У водних об'єктах комунально-побутового і господарсько-питного водокористування розрізняють три види ЛОШ – органолептичну, загальносанітарну і

санітарно-токсикологічну. У водних об'єктах рибогосподарського водокористування, крім названих, виділяють ще два види ЛОШ – токсикологічну і рибогосподарську.

Під час оцінювання якості води у водоймах комунально-побутового і господарсько-питного водокористування враховується також клас небезпеки речовини. Його визначають залежно від токсичності, кумулятивності, мутагенності і ЛОШ речовини. Відповідно цьому хімічні речовини поділяються на такі **класи небезпеки**: I клас – надзвичайно небезпечні; II клас – високонебезпечні; III клас – небезпечні; IV клас – помірно небезпечні [1].

У процесі оцінювання якості води враховується принцип адитивності – односпрямованої дії. Згідно з цим принципом, належність кількох речовин до однієї й тієї самої ЛОШ виявляється в сумі їх негативної дії. Оцінка якості води, з погляду екологічної безпеки водокористування виконується за такою методикою. Водні об'єкти вважаються придатними для комунально-побутового і господарсько-питного водокористування, якщо одночасно виконуються такі умови:

- не порушуються загальні вимоги до складу і властивостей води для відповідної категорії водокористування;
- для речовин, які належать до третього і четвертого класів небезпеки, виконується умова: $C \leq \text{ГДК}$, де C – концентрація речовини у водному об'єкті, мг/дм³;
- для речовин, які належать до першого і третього класів небезпеки, виконується умова: $\sum C_i / \text{ГДК}_i \leq 1$, де C_i і ГДК_i – відповідно концентрація і ГДК_{*i*}-ї речовини, яка належить до цієї ЛОШ.

Норми якості води мають виконуватися:

- для водотоків комунально-побутового і господарсько-питного водокористування – на акваторії в радіусі не менше ніж 1 км від пункту водокористувача;
- для водотоків рибогосподарського водокористування в межах всієї рибогосподарської ділянки водотоку, починаючи з контрольного створу (контрольний створ – поперечний переріз водотоку, в якому здійснюється контроль за якістю води), розміщеного не далі ніж на 500 м униз за течією від джерела надходження домішок.

3.2. Загальні показники якості стічних вод

Стічні води поділяються на виробничі, побутові та атмосферні. Ступінь забруднення стічних вод характеризується кількістю мінеральних, органічних та бактеріальних домішок, що містяться в розчиненому або нерозчиненому стані [1, 2, 3].

Концентрація забруднювальних речовин у стічних водах при проектуванні систем водовідведення населених пунктів встановлюється з урахуванням норм водовідведення. При більшій нормі водовідведення концентрація забруднювальних речовин у побутових стічних вод менша.

Умови скиду стічних вод у водні об'єкти регламентуються нормативними актами та правилами, а саме Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Правилами охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами» та «Правилами санітарної охорони прибережних районів морів».

Згідно з цими правилами, встановлені нормативи якості води для водойм за двома категоріями водокористування. **До першої категорії** належать ділянки водойм, що використовуються як джерело централізованого або децентралізованого господарсько-питного водопостачання, а також для водопостачання підприємств харчової промисловості. **До другої категорії** належать ділянки водойм, що використовуються для купання, занять спортом і відпочинку населення, а також ті, що знаходяться в межах населених пунктів. Крім того, встановлені більш жорсткі нормативи якості стічних вод, що скидаються у водойми, які використовують з рибогосподарською метою.

Загальні показники якості стічних вод, що скидаються у відкриті водойми господарсько-питного і культурно-побутового призначення [2, 3], наведено нижче.

Розчинений кисень. У воді водойми після змішування з нею стічних вод кількість розчиненого кисню не повинна становити менше ніж 4 мг/дм^3 у будь-який період року в пробі, відібраній до 12 години дня.

Біохімічне споживання кисню (БСК). Повна потреба води в кисні при біохімічному окисленні домішок при 20°C не повинна перевищувати 3 мг/дм^3 для водойм першої і другої категорій, а також для морів.

Завислі речовини. Вміст завислих речовин у воді водойми після скиду стічних вод не повинен зростати більше ніж на $0,25$ і $0,75 \text{ мг/дм}^3$ для водойм відповідно першої і другої категорій. Для водойм, які в межах містять понад 30 мг/дм^3 природних мінеральних речовин, допускається збільшення концентрації завислих речовин у воді не більше ніж на 5%. Забороняється скидати стічні води, які містять завислі речовини зі швидкістю осідання понад $0,4 \text{ мм/с}$ для проточних водойм і понад $0,2 \text{ мм/с}$ для водосховищ.

Запахи, присмаки. Вода не повинна мати запахів і присмаків інтенсивністю понад 3 бали для морів і 2 бали – для водойм першої категорії, якщо ці показники розпізнаються безпосередньо або після хлорування води. Для водойм другої категорії ці показники не мають розпізнаватися безпосередньо. Вода не повинна надавати сторонніх запахів і присмаків риби.

Кольоровість не повинна виявлятися в стовпчику очищеної води

заввишки 20 см для водойм першої категорії і 10 см – для водойм другої категорії та морів.

Водневий показник (значення рН) після змішування води водойми зі стічними водами має бути в межах $6,5 < \text{pH} < 8,5$.

Спливаючі речовини. Стічні води не повинні містити мінеральних мастил та інших спливаючих речовин у таких кількостях, що здатні утворювати на поверхні водойми плівку, плями і нагромадження.

Мінеральний склад. Вміст неорганічних речовин для водойм першої категорії не повинен перевищувати за сухим залишком 1000 мг/дм^3 , у тому числі хлоридів – 350 мг/дм^3 і сульфатів – 500 мг/дм^3 ; для водойм другої категорії мінеральний склад нормується за показником «Присмаки».

Збудники захворювань не повинні міститись у воді. Стічні води зі збудниками захворювань необхідно знезаражувати після попереднього очищення. Методи знезараження біологічно очищених стічних вод мають забезпечувати колі-індекс не більше 1000 при вмісті залишкового хлору не менше ніж $1,5 \text{ мг/дм}^3$.

Температура води у водоймі внаслідок скиду до неї стічних вод не повинна підвищуватися влітку більше ніж на 3°C порівняно з середньомісячною температурою найтеплішого місяця року за останні 10 років.

Отруйні речовини не повинні міститися в стічних водах у концентраціях, які можуть прямо або опосередковано шкідливо впливати на здоров'я населення.

Нормативи якості води водойм рибогосподарського призначення встановлено також для двох видів водокористування: до першого належать водойми, що використовуються для відтворення і збереження цінних сортів риб, до другого – водойми, що використовуються для всіх інших рибогосподарських потреб.

Нормативи складу і властивостей води водойм, що використовуються для рибогосподарських потреб, можуть поширюватися на ділянку скиду стічних вод у разі швидкого змішування їх з водою водойми або на ділянку, розташовану нижче від місця скиду стічних вод (у цьому випадку береться до уваги можливість їх змішування і розведення на ділянці від місця скиду до найближчої межі рибогосподарської ділянки водойми). На ділянках масового нересту і нагулу риби скид стічних вод не дозволяється.

У разі скиду стічних вод у рибогосподарські водойми до них висувуються жорсткіші вимоги ніж до стоків у водойми, що використовуються для господарсько-питних і культурно-побутових потреб населення, а саме:

Розчинений кисень. Взимку кількість розчиненого кисню (після змішування стічних вод з водою водойми) не повинна становити менше

ніж 6 і 4 мг/дм³ для водойми відповідно першого і другого видів; влітку – менше ніж 6 мг/дм³ у пробі, відібраній до 12 години дня, для обох видів водойм.

Повне біохімічне споживання кисню (БСК). Повне БСК за температури 20°C не повинно перевищувати 3 мг/дм³ у водоймах обох видів. Якщо взимку вміст розчиненого кисню у воді водойм першого і другого видів водокористування зменшується відповідно впродовж доби на 4 мг/дм³, то можна допустити скид в них тільки таких стічних вод, що не змінюють БСК води.

Отруйні речовини не повинні міститись у концентраціях, що можуть прямо або опосередковано шкідливо діяти на риб або водні організми, які споживають риби.

Температура води внаслідок скиду стічних вод не повинна підвищуватися влітку більше ніж на 3°C, взимку – більше ніж на 5°C (слід взяти до уваги, що з підвищенням температури сприйнятливість організмів до токсичних речовин збільшується).

3.2.1. Визначення розведення стічних вод

Під розведенням стічних вод розуміють процес зниження концентрації забруднювальних речовин, що входять до складу стічних вод, за рахунок змішання з водою річки або водойми [5, 9]. Встановлення характеру розподілу і ступеню розведення стійких хімічних домішок в водотоці або водоймі є гідравлічною задачею, для вирішення якої розроблена ціла низка 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 [3, 5]

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

де Q_p – витрата води в річці, м³/с;

$Q_{ст}$ – витрата стічних вод, м³/с;

C_p – концентрація забруднювальної речовини в воді річки, мг/дм³;

$C_{ст}$ – концентрація тієї же забруднювальної речовини в стічних

водах, мг/дм³.

Зазвичай в практиці розрахунків розведення використовується поняття кратності розведення n і коефіцієнта змішання γ .

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 $C_p = 0$

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

де C_{\max} – максимальна концентрація забруднювальної речовини на будь-якому місці від випуску стічних вод, мг/дм³.

Коефіцієнт змішання (γ) показує, яка частина витрати води змішується зі стічними водами. Кратність розведення і коефіцієнт змішання пов'язані наступною залежністю [9]

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

або

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

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

3.2.2. 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.

В практиці санітарно-гігієнічної охорони водойм користуються гранично допустимими концентраціями (ГДК) речовин, що впливають на якість води. За ГДК приймається така максимальна концентрація речовини, при якій не порушуються (не погіршуються) процеси мінералізації органічних речовин, органолептичні властивості води та промислових мікроорганізмів (риб, раків, молюсків) і не допускається токсичний вплив речовини на життєдіяльність (виживання, ріст, розмноження, плодовитість, якість потомства) основних груп водних організмів (рослин, безхребетних, риб), що відіграють важливу роль у формуванні якості води, утворенні та трансформації органічної речовини.

Якщо є декілька випусків стічних вод у водойму і надходять речовини з однаковими лімітуючими ознаками шкідливості, то сума відношень концентрацій речовин в одному об'єкті з відповідним ГДК не повинна перевищувати одиниці

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ГДК}_i} \leq 1. \quad (3.6)$$

При визначенні необхідного ступеня очищення стічних вод враховують витрати стічних вод, ступінь змішування стоків з водою водойми, склад стічних вод і якість води водойми, здатність води до самоочищення, гранично допустимі концентрації забруднювальних речовин, лімітуючі ознаки шкідливості речовин, санітарні вимоги, відстань до найближчого пункту водокористування та ін.

Усі природні водойми мають здатність до **самоочищення**, під яким розуміють 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. До процесів самоочищення можуть бути віднесені: сорбція розчинених сполук планктоном і донними відкладами, агломерація і осідання частинок, взаємодії лугів та кислот з гідрокарбонатними речовинами водойми, дегазація легколетких речовин, розведення забрудненого потоку чистими потоками водойми тощо.

Однак здатність водойми до самоочищення має свої межі. Значні об'єми скидів стічних вод, наявність у них токсичних для водних біоценозів речовин та інші причини перешкоджають процесам самоочищення, і тому скиди стічних вод у водойми здійснюються лише за умови виконання спеціальних вимог, встановлених для цих водойм.

Для проточної водойми умова скиду стічних вод, за нормативним показником вмісту шкідливих домішок, визначається нерівністю [1, 2]

$$C_{ст.оч} \cdot Q_{ст} + C_p \cdot \gamma Q_p \leq (\gamma Q_p + Q_{ст}) \cdot C_{ГДК}, \quad (3.7)$$

де $C_{ст.оч}$ – концентрація забруднювальної речовини в стічних водах, якої необхідно досягти в результаті очищення, мг/дм³;

C_p – концентрація того самого виду забруднювальної речовини у воді водойми до скиду стічних вод, мг/дм³;

$C_{ГДК}$ – ГДК забруднювальної речовини, мг/дм³;

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

Q_p – витрата води у водоймі, м³/с;

$Q_{ст}$ – витрати стічних вод, що надходять у водойму, м³/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 γ 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

$$C_{ст.оч} \leq C_p + n \cdot (C_{ГДК} - C_p), \quad (3.8)$$

де n – кратність розведення.

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

$$C_{ст.оч} + C_p \cdot \frac{\gamma Q_p}{Q_{ст}} \leq \left(\frac{\gamma Q_p + Q_{ст}}{Q_{ст}} \right) \cdot C_{ГДК}, \quad (3.9)$$

Вираз у дужках означає кратність розведення в проточних водоймах. Тоді значення n і γ визначаються виразами (3.4) і (3.5).

Підставивши відповідні значення n і γ , одержимо

$$C_{ст.оч} + (n - 1) \cdot C_p \leq n \cdot C_{ГДК}, \quad (3.10)$$

Аналіз рівняння (3.10) показує, що у разі відсутності забруднювальної речовини даного виду в проточній водоймі, цей вираз набуває вигляду

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

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_{повне}), у відсотках, визначається за виразом [2]

$$E = \frac{C_{ст} - C_{доп}}{C_{ст}} \cdot 100\% \quad (3.12)$$

або

$$E = \frac{B_a - B_{вод}}{B_a} \cdot 100\%, \quad (3.13)$$

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

$C_{доп}$ – допустимий вміст завислих речовин в стічній воді, мг/дм³;

B_a – фактичне БСК_{повн} у воді до скиду стічних вод, мгО₂/дм³;

$B_{вод}$ – значення БСК_{повн}, величину якого необхідно досягти у процесі очищення, мгО₂/дм³.

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.

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 [9].

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 [5].

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:

$$Q_{ст.умов} = 0,1 \cdot Q_0, \quad (3.14)$$

де Q_0 – норма стоку, м³/с.

3.3.1. Розрахунок гідрологічних показників забрудненості води водойм

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 (3.15). 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

$$C_n = \frac{Q_{ст} \cdot C_{ст}}{Q_p + Q_{ст}}, \quad (3.15)$$

де C_n – середня концентрація забруднювальної речовини в потоці, мг/дм³;

Q_p – витрата води в річці, м³/с;

Q_{cm} – витрата стічних вод, м³/с;

C_{cm} – концентрація забруднювальної речовини в стічних водах, мг/дм³.

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

$$P_{C_n} = (100 - P_Q), \quad (3.16)$$

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

P_Q – забезпеченість добових витрат води, %.

Показник перевищення і неперевищення 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 наступною формулою [5]

$$P_{заб.дн} = \frac{P_{заб} \cdot T_{рік}}{100}, \quad (3.17)$$

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 неперевищення забрудненості щодо норми $P_{чист}$, який відбиває забезпеченість «чистого» стоку

$$P_{чист} = (100 - P_{заб}), \quad (3.18)$$

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

$$\varphi' = \left(\frac{C_{ст}}{C_{ГДК}} - 1 \right) \cdot \frac{Q_{ст}}{Q_p}. \quad (3.19)$$

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 [5, 9]

$$L_{заб} = \lambda_{B,заб} \cdot B, \quad (3.20)$$

$$\Omega_{заб} = \eta_{заб} \cdot \Omega_{заг}. \quad (3.21)$$

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 ($L_{заб}$, $\Omega_{заб}$) практично при будь-яких значеннях кратності розведення. У роботах Державного гідрологічного інституту (ДГІ, Росія) побудовані залежності $\eta_{заб} = f(Q_{см}/Q_p)$ при шести значеннях кратності розведення (рис. 3.1).

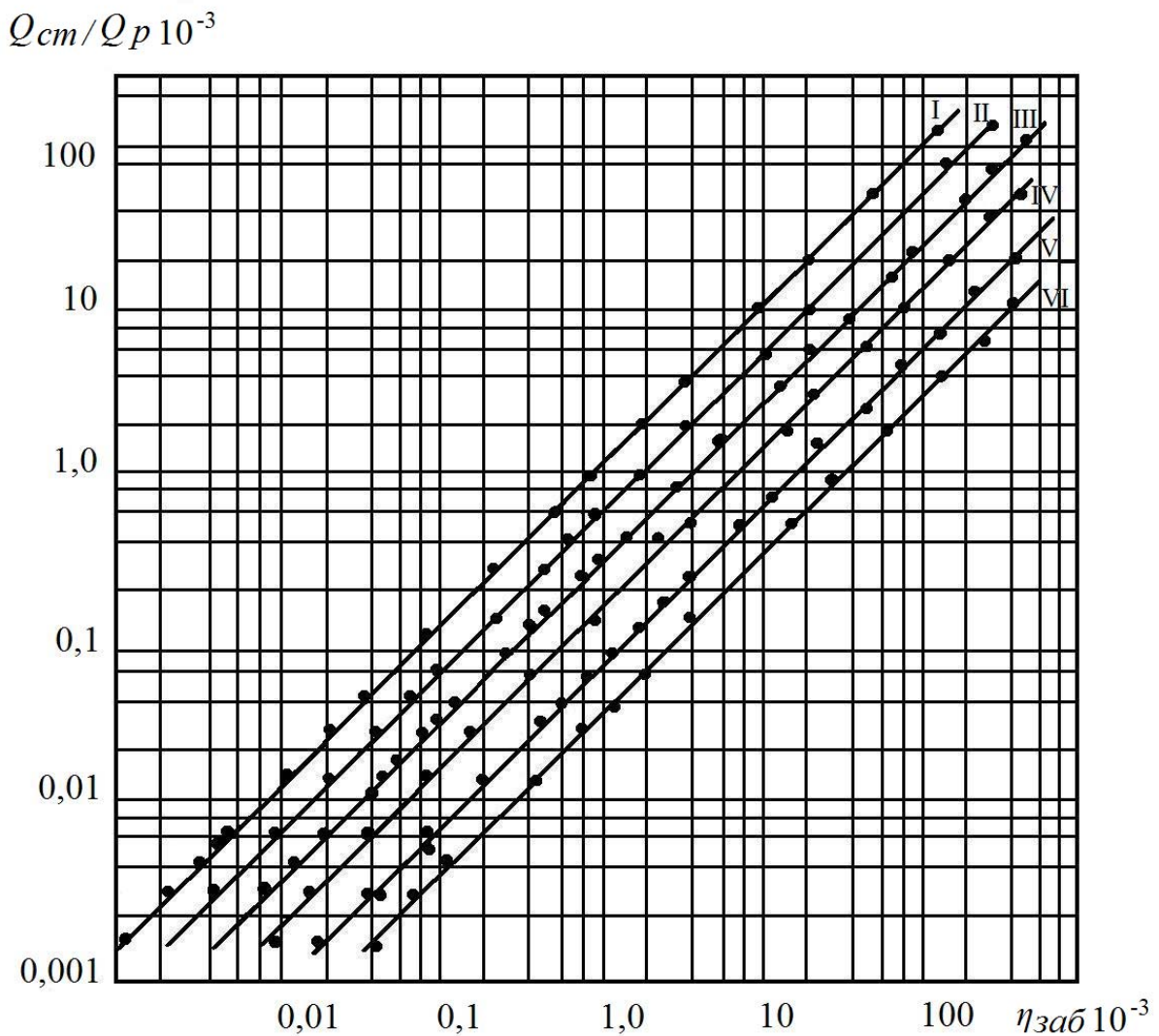


Рис. 3.1 – Залежність $Q_{см}/Q_p$ від $\eta_{заб}$

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

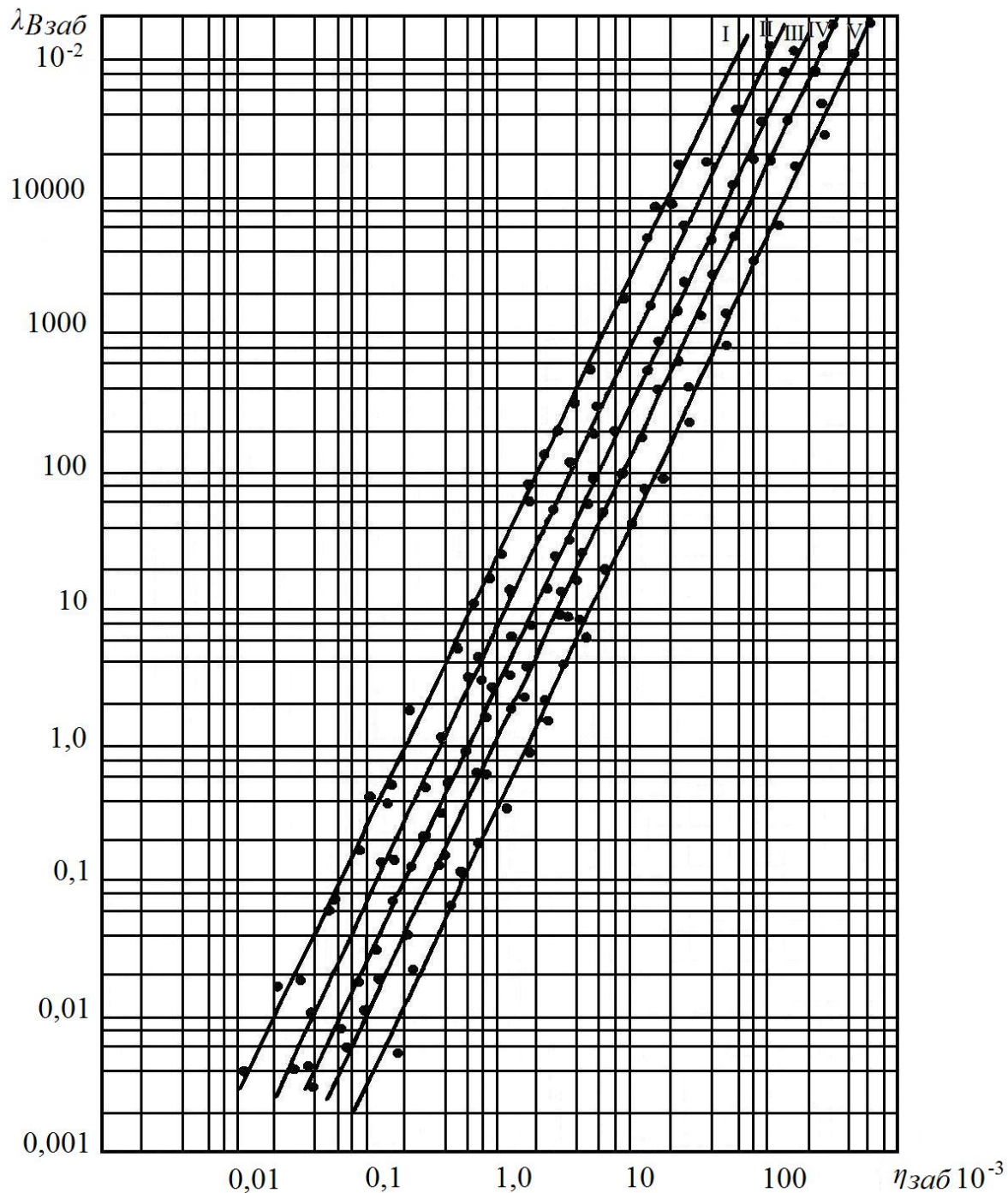


Рис. 3.2 – Графік зв'язку $\lambda_{B,заб} = f(\eta_{заб})$

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

V – малі гірські річки

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

Контрольні питання

1. Якими показниками характеризується якість природної води?
2. Які види водокористування Ви знаєте?
3. Які правила водовикористання Ви можете назвати?
4. Які види стічних вод Ви знаєте?
5. Які загальні показники якості стічних вод, що скидаються у відкриті водойми господарсько-питного і культурно-побутового та рибогосподарського призначення, Ви можете перелічити?
6. Що розуміється під процесом розведення?
7. Яким чином виконується розрахунок кратності розведення та коефіцієнта змішання?
8. Назвіть умови скиду стічних вод до проточних та непроточних водойм.
9. Яким чином оцінюється необхідний ступінь очищення стічних вод?
10. Які інтегральні показники оцінки якості води й забрудненості водних об'єктів Ви можете назвати? Як виконується розрахунок цих показників?
11. Яким чином обчислюються абсолютні величини довжини і площі зон забруднення?
12. Для чого використовуються номограми, наведені на рис. 3.1 і 3.2?

Завдання

1. Необхідно розрахувати кратність розведення та коефіцієнт змішання за формулами (3.3) та (3.5), використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 6).
2. Визначити умови скиду стічних вод за вмістом забруднювальних речовин, використовуючи нерівність (3.10), та оцінити необхідний ступінь очищення стічних вод від забруднювальних речовин, використовуючи формулу (3.12) (додаток, табл. 7).
3. Необхідно розрахувати гідрологічні показники забрудненості води водойм:
 - Використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 8, табл. 9) за умови, що $Q_{ст} = \text{const} = 0,1 \cdot Q_0$ і концентрація речовини у воді річки $C_p = 0$, розрахувати величину абсолютного показника загального

навантаження C_n за формулою (3.15) 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 (3.16).

- Визначити показник перевищення забрудненості над нормою $P_{заб}$ та $P_{заб.дн}$ за формулою (3.17) и показник неперевикнення забрудненості щодо норми $P_{чист.дн}$ та $P_{чист}$ за формулою (3.18).

- Обчислити показник відносного навантаження потоку забруднювальною речовиною ϕ' при розрахунковій витраті 95%-вої забезпеченості за формулою (3.19).

4. При кожному з п'яти розрахункових значень витрати води в річці (додаток, табл. 10), використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 11) за умови, що здійснюється постійний скид стічних вод з витратою $Q_{см}=0,1 \text{ м}^3/\text{с}$, визначити довжину зони забруднення ($L_{заб}$) за формулою (3.19) і площу забруднення ($\Omega_{заб}$) – за формулою (3.20).

5. Зробити висновки.

Приклади розрахунків

1. Припустимо, в р. Зубру в районі с. Димівка здійснюється скид стічних вод, концентрація забруднювальної речовини в стічних водах дорівнює $C_{см}=149 \text{ мг/дм}^3$; максимальна концентрація забруднювальної речовини на деякій відстані дорівнює $C_{\max}=38 \text{ мг/дм}^3$; витрата стічних вод $Q_{см}=0,12 \text{ м}^3/\text{с}$; витрата води в річці $Q_p=2,21 \text{ м}^3/\text{с}$. Для визначення кратності розведення необхідно використати формулу (3.3).

Тоді кратність розведення буде дорівнювати

$$n = \frac{149}{38} = 3,9.$$

Тобто концентрація забруднювальної речовини на розглянутій ділянці річки знизилася в 3,9 раз.

Коефіцієнт змішання обчислюється за допомогою формули (3.5) і його величина складатиме

$$\gamma = (3,9 - 1) \cdot \frac{0,12}{2,21} = 0,16.$$

Це означає, що 0,16 частини витрати річкової води змішуються зі

стічними водами.

2. Наприклад, в р. Зубру в районі с. Димівка здійснюється скид стічних вод з концентрацією нітритів $C_{cm}=4,3$ мг/дм³; концентрація нітритів у воді річки до скиду дорівнювала $C_p=0,5$ мг/дм³; кратність розведення $n=2,3$; значення $C_{ГДК}=3$ мг/дм³. За умовами задачі, в результаті очищення необхідно досягти величини концентрації нітритів $C_{cm.оч}=1,2$ мг/дм³, оцінити необхідний ступінь очищення стічних вод перед скидом (3.12) і визначитися з можливістю їхнього скиду у річку використовуючи нерівність (3.10).

Необхідний ступінь очищення стічних вод від нітритів становитиме

$$E = \frac{4,3 - 3,0}{4,3} \cdot 100 = 30 \%$$

В результаті за умовою (3.10) одержується наступна нерівність

$$1,2 + (2,3 - 1) \cdot 0,5 \leq 2,3 \cdot 3;$$

$$1,85 < 6,9.$$

Одержана нерівність показує, що вимоги щодо умов скиду стічних вод у річку виконуються.

3. Припустимо в р. Зубру в районі с. Димівка здійснюється скид стічних вод з постійною витратою $Q_{cm}=0,1 \cdot 3,46 = 0,35$ м³/с; концентрація забруднювальної речовини в стічній воді $C_{cm} = 50$ мг/дм³ при $C_{ГДК} = 100$ мг/дм³, значення витрат води в річці при різних забезпеченостях: $Q_{8\%} = 2,8$ м³/с, $Q_{20\%} = 2,6$ м³/с, $Q_{50\%} = 2,45$ м³/с, $Q_{75\%} = 1,2$ м³/с, $Q_{90\%} = 0,9$ м³/с, $Q_{95\%} = 0,45$ м³/с.

• Абсолютний показник загального навантаження C_n обчислюється для всіх заданих витрат води за формулою (3.15). Розрахунок забезпеченості показника загального навантаження потоку P_{C_n} виконується для всіх заданих витрат води за формулою (3.16).

$$P_Q=8\%; C_n = \frac{0,35 \cdot 50}{2,8 + 0,35} = 5,50 \text{ мг/дм}^3; P_{C_n} = 100 - 8 = 92 \%$$

$$P_Q=20\%; C_n = 5,87 \text{ мг/дм}^3; P_{C_n} = 80 \%$$

$$P_Q=50\%; C_n = 6,19 \text{ мг/дм}^3; P_{C_n} = 50 \%$$

$$P_Q=75\%; C_n = 11,2 \text{ мг/дм}^3; P_{C_n} = 25\%$$

$$P_Q=90\%; C_n = 13,9 \text{ мг/дм}^3; P_{C_n} = 10\%$$

$$P_Q=95\%; C_n = 21,7 \text{ мг/дм}^3; P_{C_n} = 5\%$$

- Для обчислення показника перевищення забрудненості над нормою $P_{заб}$ будується крива забезпеченості середньої концентрації C_n (рис. 3.3).

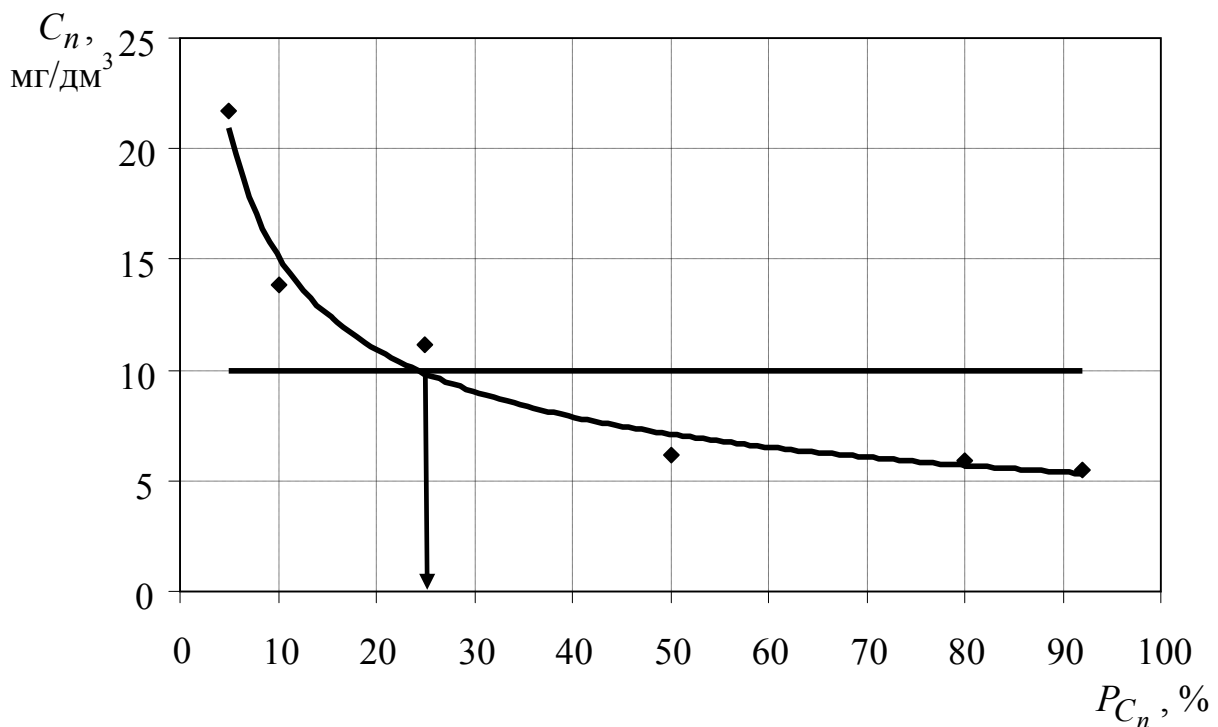


Рис. 3.3 – Крива забезпеченості середньої концентрації забруднювальних речовин

- На графік (рис. 3.3) також наноситься пряма, яка відповідає ГДК обраної лімітуючої речовини (в цьому випадку $C_{ГДК} = 10 \text{ мг/дм}^3$). З точки перетину цієї прямої з лінією графіка опускається перпендикуляр на абсцису і знаходиться відповідне значення $P_{заб} = 25\%$, що становить

$$P_{заб.дн} = \frac{25 \cdot 365}{100} = 91 \text{ день.}$$

Це означає, що при скиді стічних вод в обсязі $0,35 \text{ м}^3/\text{с}$ (постійно на протязі року) вода в річці впродовж 91 дня буде забрудненою, тобто концентрація лімітуючої забруднювальної речовини буде вище гранично допустимої.

- Показник неперевищення забрудненості відносно норми $P_{\text{чист}}$ знаходиться за формулою (3.18)

$$P_{\text{чист}} = 100 - 25 = 75 \%,$$

що складає 274 дні ($P_{\text{чист.дн}} = \frac{75 \cdot 365}{100} = 274$), тобто впродовж 274 днів вода в річці буде чистою.

- Показник відносного навантаження потоку забруднювальною речовиною обчислюється за формулою (3.19) при величині $Q_{95\%} = 0,45 \text{ м}^3/\text{с}$.

В цьому прикладі

$$\varphi' = \left(\frac{50}{10} - 1 \right) \cdot \frac{0,35}{0,45} = 3,08.$$

Це значно більше одиниці і вказує на те, що при витраті води в річці забезпеченістю $P_Q=95\%$ і при скиді промислових вод з витратою $Q_{\text{см}}=0,35 \text{ м}^3/\text{с}$ вода не буде відповідати нормативним вимогам – вона є забрудненою порівняно з нормою.

4. В середню рівнинну річку здійснюється постійний скид стічних вод з витратою $Q_{\text{СТ}} = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ і концентрацією забруднювальних речовин $C_{\text{СТ}} = 100 \text{ мг}/\text{дм}^3$. Гранично допустима концентрація цієї забруднювальної речовини $\text{ГДК}_{\text{умов}} = 0,05 \text{ мг}/\text{дм}^3$, $C_{\text{см}} = 5 \text{ мг}/\text{дм}^3$.

- Необхідно знайти співвідношення стічних і річкових вод

$$\frac{Q_{\text{см}}}{Q_{20\%}} = \frac{0,1}{25,7} = 0,0039; \quad \frac{Q_{\text{см}}}{Q_{50\%}} = \frac{0,1}{19,3} = 0,0052;$$

$$\frac{Q_{\text{см}}}{Q_{75\%}} = \frac{0,1}{14,4} = 0,007; \quad \frac{Q_{\text{см}}}{Q_{90\%}} = \frac{0,1}{10,3} = 0,0092;$$

$$\frac{Q_{\text{см}}}{Q_{95\%}} = \frac{0,1}{9,1} = 0,0110.$$

- По знайдених значеннях відношень $Q_{ст}/Q_p$ необхідно з графіка (рис. 3.1) зняти значення $\eta_{заб}$. Оскільки розведення 20-кратне, то необхідно скористуватися IV прямою: $\eta_{заб}(20\%) = 30 \cdot 10^{-3}$; $\eta_{заб}(50\%) = 40 \cdot 10^{-3}$; $\eta_{заб}(75\%) = 50 \cdot 10^{-3}$; $\eta_{заб}(90\%) = 95 \cdot 10^{-3}$; $\eta_{заб}(95\%) = 100 \cdot 10^{-3}$.

- Знаючи величини $\eta_{заб}$, з графіка (рис. 3.2) для середньої рівнинної річки (крива III) необхідно зняти відповідні значення $\lambda_{B,заб}$: $\lambda_{B,заб}(20\%) = 3,0$; $\lambda_{B,заб}(50\%) = 6,0$; $\lambda_{B,заб}(75\%) = 8,0$; $\lambda_{B,заб}(90\%) = 12,0$; $\lambda_{B,заб}(95\%) = 13,0$.

- Довжина зони забруднення визначається за формулою (3.20)

$$L_{заб}(20\%) = 3 \cdot 129 = 387 \text{ м}; \quad L_{заб}(50\%) = 6 \cdot 93 = 558 \text{ м};$$

$$L_{заб}(75\%) = 8 \cdot 80 = 640 \text{ м}; \quad L_{заб}(90\%) = 12 \cdot 65 = 780 \text{ м};$$

$$L_{заб}(95\%) = 13 \cdot 55 = 715 \text{ м}.$$

- Площа зони забруднення $\Omega_{заб}$ обчислюється за формулою (3.21)

$$\Omega_{заб}(20\%) = 129 \cdot 387 \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 1498 \text{ м}^2;$$

$$\Omega_{заб}(50\%) = 93 \cdot 558 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 2076 \text{ м}^2;$$

$$\Omega_{заб}(75\%) = 80 \cdot 640 \cdot 50 \cdot 10^{-3} = 2560 \text{ м}^2;$$

$$\Omega_{заб}(90\%) = 65 \cdot 780 \cdot 95 \cdot 10^{-3} = 4816 \text{ м}^2;$$

$$\Omega_{заб}(95\%) = 55 \cdot 715 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 3932 \text{ м}^2.$$

Розділ 4. Екологічна безпека природних джерел води

4.1. Охорона вод і запобігання їх шкідливій дії

Встановлення правових норм охорони водних об'єктів від засмічення, забруднення і виснаження, а також запобігання шкідливій дії вод – одне з головних завдань водного законодавства. Потреба таких норм зумовлена розвитком промисловості, сільського господарства та будівництва міст. Вони спричиняють різке зростання потреб використання води, призводять до суттєвого зростання стічних і дренажних вод, забруднених різними речовинами.

В основах водного законодавства всі води потребують охорони від забруднення і виснаження, які можуть завдати шкоди здоров'ю населення та зумовити зменшення рибних запасів, погіршення умов водопостачання та інші небажані наслідки через зміну фізичних, хімічних і біологічних властивостей води, погіршення її здатності до природного самоочищення, порушення гідрологічного й гідрогеологічного режиму. Крім суворого обмеження використання водних об'єктів для скиду стічних вод встановлюються також інші обмеження. Повністю заборонений скид у водні об'єкти виробничих і побутових відходів. Не допускається забруднення й засмічення поверхні водозаборів та льодового покриву водойм відходами та викидами, зливання яких може призвести до погіршення якості поверхневих і підземних вод.

Для охорони вод, які використовуються для господарського-побутового водопостачання, лікувальних, оздоровчих і курортних потреб населення, встановлюються спеціальні зони санітарної охорони. Важливим є запобігання виснаженню поверхневих і підземних джерел водопостачання. Нераціональне використання вод може порушити процес відновлення їх ресурсів в окремих річкових і підземних басейнах. Особливо недопустимим є виснаження ресурсів підземних вод внаслідок надмірного викачування, що перевищує можливість природного відновлення запасів.

Для підтримання сприятливого водного режиму річок, озер, водосховищ, підземних вод та інших водних об'єктів, для запобігання водній ерозії ґрунтів і замулюванню водойм, для зменшення втрат та різкого коливання річкового і підземного стоку водним законодавством передбачається встановлення водоохоронних зон лісів, обов'язкове здійснення лісомеліоративних, протиерозійних, гідротехнічних та інших заходів. Головним заходом проти виснаження водних ресурсів є здійснення раціонального режиму експлуатації водогосподарських систем і споруд. Результатом нераціонального використання людиною поверхневих і підземних вод, недооцінки законів природи або нехтування ними є водна

ерозія ґрунтів, яроутворення, заболочування й засолювання земель, періодичне затоплення і підтоплення населених пунктів тощо.

Водне законодавство країни передбачає обов'язки підприємств, організацій і установ здійснювати заходи щодо запобігання та ліквідації: повеней, затоплень і підтоплень; руйнування берегів; заболочування і засолювання ґрунтів; ерозії ґрунтів, утворення ярів, зсувів, селевих потоків та інших шкідливих явищ. Для боротьби зі шкідливою дією вод передбачаються захисні лісонасадження з метою запобігання ерозії ґрунтів, зсувам і селевим потокам; застосування протиерозійної агротехніки, водоохоронне лісорозведення та інші сільськогосподарські меліоративні роботи [2].

4.2. Охорона природних вод від забруднення стічними водами

Особливо великого значення набула охорона водойм від забруднення стічними водами промислових підприємств і міст. З цією метою побудовані й експлуатуються численні очисні споруди. Деякі підприємства досягли високої ефективності в роботі очисних споруд і випускають стічні води в мінімальній кількості та з мінімальним вмістом шкідливих домішок, які відповідають нормативним значенням ГДК. Тому екологічний стан деяких річок, озер і водосховищ значно поліпшився.

Проте ще немало підприємств, особливо в харчовій галузі, які продовжують випускати неочищені або недостатньо очищені стічні води. Водне законодавство регламентує скид стічних вод як вид водокористування і встановлює низку умов і вимог, що спрямовані на усунення або запобігання забрудненню водойм у результаті скиду стічних вод. До них належить заборона введення в експлуатацію нових підприємств та інших об'єктів, які не забезпечені захисними спорудами. Встановлені обов'язки водокористувачів, які передбачають зменшення витрат води, її раціональне використання та призупинення скиду стічних вод внаслідок удосконалення технології виробництва і схем водопостачання.

Суворо регламентується порядок скиду стічних вод як у поверхневі, так і в підземні водні об'єкти. Останніми для скиду стічних вод можна користуватися лише з дозволу органів регулювання використання й охорони вод після узгодження з організаціями, які здійснюють державний санітарний нагляд, охорону рибних запасів, та іншими зацікавленими установами. На кожен водовипуск має бути дозвіл на скид стічних вод, де вказується кому, в яку водойму і в якому місці та в якій кількості дозволяється скидати стічні води (вид стічних вод, їх хімічний склад, температура, ступінь очищення, можливі коливання об'єму скидів в часі та інші умови). Порушення зазначених вимог у дозволі умов скиду стічних

вод зумовлює застосування до винних осіб відповідних санкцій.

Скид стічних вод дозволяється лише тоді, коли це не зумовлює збільшення вмісту у водному об'єкті забрудників вище встановлених норм. В Україні встановлені гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у воді водойм санітарно-побутового і рибогосподарського водокористування. Ці норми дають можливість після відповідних розрахунків визначити умови скиду різних видів стічних вод [2].

4.3. 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/дм³);
- 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, витоку 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 [2, 10]

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

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

V – витрати зворотних вод, м³/год;

T – тривалість наднормативного скиду, год;

$C_{с.ф.}$ – середня фактична концентрація забруднювальних речовин в зворотних водах, мг/дм³;

C_{∂} – дозволена для скиду концентрація забруднювальних речовин, визначена під час затвердження ГДК (ТУС), мг/дм³;

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

δ – 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.

У разі скиду речовин, відсутніх у переліку допустимих для скиду, тобто фактична концентрація їх перевищує ГДК, в розрахунковій формулі C_{∂} 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.

Таблиця 4.1 – Значення коефіцієнтів, що враховують категорію водного об'єкта (δ) [10]

№ п/п	Категорія водного об'єкта	Коефіцієнт δ
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 I	1,6
		2,0

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

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

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

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

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

W – об'єм скинутих зворотних вод, м³;

$C_{ф}$ – фактична концентрація забруднювальної речовини в зворотних водах, мг/дм³.

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 дм³ на одну особу за добу, за БСК₂₀ – 350 мгО₂/дм³ і вмістом твердих завислих речовин – 350 мг/дм³.

4.4. 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 [2, 10]

$$Z_a = 0,003M \cdot A1 \cdot n \cdot \delta, \quad (4.4)$$

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

$$Z_c = (0,17m \cdot K_x) \cdot A1 \cdot n + T \cdot n \cdot 0,1, \quad (4.5)$$

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

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

m – маса сміття, т;

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

$A1$ – показник небезпечності сміття (визначається за співвідношенням: $1/S_{ГДК}$ 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-сміттезбірником або визначається як добуток множення забрудненої площі S на середню масу $W_{сер}$ з 1 м², зібраного в трьох різних місцях забрудненої акваторії на однаковій відстані від її центра – ΔW_1 , ΔW_2 , ΔW_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, м².

Таблиця 4.2 – Визначення коефіцієнтів K_x , що характеризують ступінь забруднення поверхні води сміттям [10]

№ п/п	Зовнішній вигляд поверхні води	Розмір коефіцієнта K_x
1	Чиста водна поверхня, на відкритій акваторії площею 100 м ² є окремі невеликі плями дрібного сміття загальною площею не більше 0,01 м ² .	1
2	На площі 100 м ² відкритої акваторії є окремі невеликі плями дрібного сміття загальною площею не більше 1 м ² , окремі предмети з розмірами у будь-якому напрямку не більше 25 см.	2
3	На площі 100 м ² відкритої акваторії є окремі невеликі плями дрібного сміття площею не більше 2 м ² , окремі предмети з розмірами у будь-якому напрямку не більше 50 см.	3
4	На площі 100 м ² відкритої акваторії є плями сміття загальною площею до 5 м ² , 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 ² відкритої акваторії є скупчення сміття загальною площею до 10 м ² , 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 ² відкритої акваторії є окремі невеликі плями дрібного сміття загальною площею більше 10 м ² . 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

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.

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;

$Z_{n.c.}$ – початкова сума збитків, грн;

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

Завдання

1. Необхідно, використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 12), 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 складає $10 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$, 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. 12), 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. 13), 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. 13), 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 м^2 , та у складі якого найнебезпечнішим забруднювачем є органічна речовина.

5. Зробити висновки.

Приклади розрахунків

1. При перевірці очисних споруд каналізації населеного пункту встановлено, що якість стічних вод після очищення не відповідає затвердженим величинам ГДС. Фактичні середні показники за останні 3 місяці (91 доба), згідно з результатами відомчої лабораторії, становлять: $35 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ органічних речовин по БСК₂₀ – при величині затвердженої допустимої концентрації $15 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$; $30 \text{ мг}/\text{дм}^3$ завислих речовин – при величині затвердженої допустимої концентрації $15 \text{ мг}/\text{дм}^3$; $2,5 \text{ мг}/\text{дм}^3$ нафтопродуктів – при величині затвердженої допустимої концентрації $0,3 \text{ мг}/\text{дм}^3$; $2,0 \text{ мг}/\text{дм}^3$ речовини «п», для якої відсутня ГДС і відповідно не затверджена величина ГДС та допустима концентрація.

Інші показники не перевищували затверджених допустимих концентрацій. Витрати стічних вод за цей період становили $20000 \text{ м}^3/\text{д}$ ($833 \text{ м}^3/\text{год}$). Скид стічних вод відбувається у водний об'єкт рибогосподарського водокористування II категорії.

Розрахунок збитків здійснюється за формулою (4.1):

Для органічних речовин $Z_{\text{над.орг}}$

$$Z_{\text{над.орг}} = 833 \cdot 2184 \cdot (35 - 15) \cdot 0,003 \cdot 0,3 \cdot 1400000 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} = 73,3 \text{ млн грн.}$$

Для органічних речовин $Z_{\text{над.зав}}$

$$Z_{над.зав} = 833 \cdot 2184 \cdot (30 - 15) \cdot 0,003 \cdot 0,1 \cdot 1400000 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} = 18,3 \text{ млн грн.}$$

Для органічних речовин $Z_{над.наф}$

$$Z_{над.наф} = 833 \cdot 2184 \cdot (2,5 - 0,3) \cdot 0,003 \cdot 20 \cdot 1400000 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} = 537,9 \text{ млн грн.}$$

Для речовини «п» $Z_{над.п}$

$$Z_{над.п} = 833 \cdot 2184 \cdot (2 - 0) \cdot 0,003 \cdot 100 \cdot 1400000 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} = 2445,1 \text{ млн грн.}$$

Загальна сума збитків $Z_{заг}$

$$Z_{заг} = 2445,1 + 0,15 \cdot (73,3 + 18,3 + 537,9) = 2539,5 \text{ млн грн.}$$

2. З очисних споруд, що розглядалися в першому прикладі, скидаються стічні води з такими ж показниками, але немає дозволу на спецводокористування та затверджених величин ГДС або ТУС (тобто скид є несанкціонованим).

Розрахунок збитків здійснюється за формулою (4.2):

Для органічних речовин $Z_{орг}$

$$Z_{орг} = 833 \cdot 2184 \cdot 35 \cdot 0,003 \cdot 0,3 \cdot 1400000 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} = 128,3 \text{ млн грн.}$$

Для завислих речовин $Z_{зав}$

$$Z_{зав} = 833 \cdot 2184 \cdot 30 \cdot 0,003 \cdot 0,1 \cdot 1400000 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} = 36,6 \text{ млн грн.}$$

Для нафтопродуктів $Z_{наф}$

$$Z_{наф} = 833 \cdot 2184 \cdot 2,5 \cdot 0,003 \cdot 20 \cdot 1400000 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} = 611,2 \text{ млн грн.}$$

Для речовини «п» Z_n

$$Z_n = 833 \cdot 2184 \cdot 2 \cdot 0,003 \cdot 100 \cdot 1400000 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} = 2445,1 \text{ млн грн.}$$

Загальна сума збитків $Z_{заг}$

$$Z_{\text{заг}} = 2445,1 + 0,15 \cdot (128,3 + 36,6 + 611,2) = 2561,5 \text{ млн грн.}$$

3. Припустимо, наприклад, з судна скинуто 500 кг дизельного палива на акваторію моря – об'єкт рибогосподарського водокористування І категорії. При цьому в контрольному створі, на відстані 250 м від місця скиду, концентрація палива дорівнювала 2,5 мг/дм³.

Збитки $Z_{\text{наф}}$ розраховуються за формулою (4.4) з застосуванням коефіцієнта 10, тому що скид є залповим

$$Z_{\text{наф}} = 0,003 \cdot 500 \cdot 20 \cdot 1400000 \cdot 2 \cdot 10 = 840,0 \text{ млн грн.}$$

4. При плановому огляді акваторії порту державним інспектором виявлено забруднення сміттям 60% поверхні води. Склад сміття при зовнішньому огляді: тирса, папір, використані пляшки, ганчір'я. При аналізі складу сміття встановлена наявність нафтопродуктів в кількості 5 г в 1 кг ганчір'я. Для збирання сміття було використано судно-сміттезбірник з 11 до 15 години, при цьому зібрано 80 кг сміття.

Зовнішнім оглядом коефіцієнт K_x встановлено на рівні 3.

Для розрахунку збитків необхідно скористатися формулою (4.5)

$$Z_c = (0,17 \cdot 0,8 \cdot 3 \cdot 1400000) \cdot 20 + 4 \cdot 0,1 \cdot 1400000 = 11,98 \text{ млн грн.}$$

Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування структури водогосподарських об'єктів і систем

5.1. Загальні поняття про водогосподарські комплекси і системи

Відомо, що народне господарство України (або будь-якої іншої держави) являє собою взаємозв'язаний народногосподарський комплекс. Однією з важливих складових ланок єдиного народногосподарського комплексу країни є і водогосподарський комплекс (ВГК). На відміну від інших, сформованих на базі територіального зосередження сировинних, трудових або кліматичних ресурсів, ВГК охоплює всю територію країни, оскільки жодна сфера життєдіяльності населення неможлива без використання водних ресурсів.

Під водогосподарським комплексом розуміється складне системно-структурне утворення, яке включає водні ресурси, водокористувачів, органи управління та контролю і характеризується певною функціональною, галузевою і територіальною структурою.

У масштабах країни функціонує єдиний ВГК. В окремих її частинах – обласні і міжобласні ВГК, а також ВГК на базі великих водогосподарських систем, які обслуговують не одну, а декілька адміністративних областей. На відміну від загальнодержавного ВГК, такі комплекси називаються регіональними водогосподарськими комплексами (РВГК). До єдиного ВГК і РВГК можуть входити водогосподарські системи, окремі комплексні та некомплексні гідровузли й інші водогосподарські об'єкти, між якими встановилися складні взаємозв'язки.

Водогосподарська система (ВГС) – це сукупність гідравлічно пов'язаних водних об'єктів і водогосподарських споруд, сумісне функціонування яких спрямоване на оптимальне задоволення запитів водокористувачів.

За сучасних умов використання водних ресурсів уже не може здійснюватися окремими галузями незалежно одна від одної без урахування кількості та якості води, її охорони та відтворення. Тобто використання водних ресурсів має бути скореговане в інтересах всього народногосподарського комплексу. Така роль і відводиться водогосподарському комплексу [4].

5.2. Мета техніко-економічного обґрунтування

Будівництво комплексних гідровузлів і водогосподарських систем вимагає великих капіталовкладень. Для того щоб ці капіталовкладення використовувалися найефективніше кожен водогосподарський захід має

бути ретельно обґрунтований як технічно, так і економічно. Особливо необхідні такі обґрунтування на стадіях планування й проектування, коли слід обрати найкращі способи виконання водогосподарських робіт, які забезпечували б всебічну економію праці та коштів не тільки під час будівництва, а й при наступній експлуатації споруд і систем. Економічне обґрунтування планів водогосподарських заходів і проектів будівництва окремих споруд і систем має єдину мету – підвищення ефективності капітальних вкладень.

При обґрунтуванні планів водогосподарських заходів виявляють, порівнюють і обирають найекономічніші варіанти, тобто такі об'єкти і водогосподарські заходи, які забезпечують найповніше вирішення народногосподарських завдань за найменших затрат.

Планування вимагає також зіставлення водогосподарських об'єктів і заходів з іншими можливими варіантами вирішення таких самих народногосподарських завдань, але без цих об'єктів і заходів. Наприклад, для одержання такої самої кількості додаткової сільськогосподарської продукції, як при зрошенні, розглядається можливість її одержання шляхом застосування більшої кількості добрив і проведення різних агротехнічних заходів, залучення в сільськогосподарське виробництво малопродуктивних земель тощо. Необхідно, крім того, зіставляти заплановане одержання тієї самої продукції на інших об'єктах і в інших районах до варіантів заміни одних видів продукції іншими.

При проектуванні основна увага зосереджується на виявленні, порівнянні та виборі найекономічніших можливих варіантів одного, заздалегідь заданого об'єкта (наприклад, комплексного гідровузла, зрошувальної або осушувальної системи). Потім розраховують техніко-економічні показники для визначення структури ВГС або компонентів гідровузла, вибору параметрів об'єктів системи або вузлів, розподілу затрат між галузями-учасниками, обґрунтування ефективності водоохоронних заходів.

Оптимальну структуру ВГС, комплексних гідровузлів та параметрів окремих об'єктів обирають на основі аналізу якомога більшого числа альтернатив, тобто способів одержання однієї й тієї самої продукції або одного і того самого соціального ефекту. Наприклад, альтернативою для зрошувального землеробства на базі певної річки можуть бути будівництво зрошувальної системи з використанням підземних вод, зрошення стічними водами або заходи для отримання еквівалентної сільськогосподарської продукції в інших басейнах з урахуванням транспортування продукції в даний район, а також освоєння нових земель.

Альтернативою для гідроелектростанції, як правило, є теплова електростанція, яка має виробляти таку саму кількість електроенергії. Основною вимогою до альтернативного варіанта для водного транспорту є забезпечення необхідного об'єму перевезень в такі самі розрахункові

терміни, що може досягатися за рахунок забезпечення судноплавних глибин попусками з водосховища або в самому водосховищі шляхом днопоглиблюваних робіт, або перевезення іншими видами транспорту.

Для рибного господарства альтернативним варіантом можуть розглядатися такі заходи, як спорудження рибоводних заводів, нерестово-вирощувальних господарств, інтенсифікація вилову риби в інших басейнах або морях, з врахуванням різниці у транспортних затратах.

Як альтернативні для водопостачання, можуть розглядатися варіанти організації його за відсутності комплексного гідровузла або ВГС. Це можуть бути: спорудження одноцільового гідровузла на тій або іншій річці, водозабір з річки у природному стані, водопостачання підземними водами, подача води з інших басейнів, опріснення солоних вод тощо. Для промислового водопостачання можливі інші варіанти розміщення промислових підприємств, застосування менш водоемких технологій та схем водопостачання. Але в усіх випадках мають забезпечуватись надійність водопостачання та необхідна якість води.

Для боротьби з повенями альтернативними варіантами можуть бути спеціальні гідровузли, які мають резервні ємкості у водосховищах, захисні дамби або інші інженерні споруди, що однаково надійно захищають від повеней.

В усіх випадках прийнятий варіант має бути найекономічнішим з усіх можливих.

5.3. 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 [4]

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

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

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 залишаться 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_i – 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 зрештувати 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.

Усі ці способи розрахунків порівняльної економічної ефективності застосовують тоді, коли об'єкти будуються протягом року і зразу починають працювати на повну потужність. Якщо ж об'єкти будуються протягом кількох років, вводяться по черзі, то при визначенні економічної ефективності капітальних вкладень необхідно враховувати фактор часу. З цією метою використовуються такі показники:

- приведені до одного року капітальні вкладення;
- приведені до сталих щорічні витрати;
- динамічні приведені затрати.

Капітальні вкладення часто освоюються не протягом одного року, а розподіляються на кілька років, тобто заморожуються на період, який залежить від різниці між роком вкладення і роком приведення. Для дотримання умов порівняльності різних варіантів рік приведення має бути для всіх однаковим. **Сумарні приведені капітальні вкладення** (за всі роки будівництва) у водогосподарський об'єкт розраховуються за формулою

$$K = \sum_t^N K_t (1 + E_o)^{t_0 - 1}, \quad (5.5)$$

де K – сумарні приведені капітальні вкладення, млн грн;

N – термін будівництва, рік;

K_t – капітальні вкладення в році t ;

E_o – коефіцієнт урахування фактора часу, який чисельно дорівнює прибутку, втраченому через заморожування однієї гривні капітальних вкладень на один рік; в економічних розрахунках дорівнює 0,08;

t_0 – рік приведення (базовий рік).

Виробничі потужності, як відомо, освоюються впродовж кількох років. З освоєнням водогосподарського об'єкта збільшуються витрати на його експлуатацію. Залежність для **приведених сталих щорічних витрат** має такий вигляд

$$C = \sum_{t=t_e}^m \Delta C_t (1 + E_o)^{t_e - 1}, \quad (5.6)$$

де C – приведені сталі щорічні витрати, млн грн;
 m – термін зміни витрат (від початку експлуатації об'єкта до повного його освоєння);

t_e – перший рік експлуатації;

ΔC_t – приріст щорічних витрат у році t , млн грн.

Динамічні приведені затрати розраховуються за формулою

$$K \cdot E_n + C = \text{мінімум}. \quad (5.7)$$

При порівнянні оптимальним вважається варіант з мінімальними динамічними затратами.

В усіх варіантах необхідно дотримуватися умови зіставлення, тобто має бути одержана продукція однакової кількості й якості, а затрати приведені до одного базового року.

5.4. 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 [4] розраховуються за формулами

$$E_3 = \frac{\Pi - C_{в.в.}}{K} = \frac{\Pi}{K}; \quad (5.8)$$

$$T_n = \frac{K}{\Pi - C_{в.в.}} = \frac{K}{\Pi}, \quad (5.9)$$

де E_3 – коефіцієнт загальної (абсолютної) економічної ефективності;

Π – ціна продукції, млн грн;

$C_{в.в.}$ – витрати виробництва;

K – капітальні вкладення, млн грн;

Π – прибуток, який визначається за виразом $\Pi = \Pi - C_{в.в.}$, 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.

Коефіцієнт загальної економічної ефективності можна точно визначити для водогосподарських об'єктів і систем, які вже експлуатуються, оскільки відомі діючі ціни і тарифи на їх продукцію. Для запланованих до будівництва об'єктів цей коефіцієнт визначається наближено, оскільки використовуються прогнозовані ціни і тарифи. Якщо водогосподарський об'єкт або система споруджуються декілька років, то **коефіцієнт загальної економічної ефективності** розраховується з урахуванням фактора часу за формулою

$$E_3 = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^m \Delta \Pi_{ti} (1 + E_o)^{t-1}}{K}, \quad (5.10)$$

де E_3 – коефіцієнт загальної економічної ефективності з урахуванням фактора часу;

n – кількість галузей народного господарства, в яких одержують прибуток від водогосподарського об'єкта або системи;

m – кількість років, впродовж яких змінюється прибуток;

$\Delta \Pi_{ti}$ – зміна прибутку за рік t порівняно з попереднім роком i -го учасника, млн грн;

E_o – коефіцієнт урахування фактора часу;

t_0 – базовий рік.

Після закінчення будівництва можливості економічного аналізу обмежуються лише рамками даного об'єкта або системи, здійснених за прийнятим варіантом. Важливим для нього стає визначення економічної ефективності вкладених коштів, які після введення об'єкта (системи) в експлуатацію є діючими виробничими фондами.

Методи визначення економічної ефективності капітальних вкладень надають можливість виконувати лише її кінцеву оцінку. Додатково до основних економічних показників при виборі найвигідніших варіантів враховуються також деякі питомі показники, наприклад, виробіток на одного працюючого, витрати палива, енергії, сировини та матеріалів на одиницю продукції тощо. Ці показники, які мають специфічні особливості для окремих галузей, дають змогу зіставляти варіанти під різним кутом зору.

У деяких випадках допускається будівництво об'єктів з меншою економічною ефективністю, але які мають, наприклад, кращі умови охорони праці для обслуговуючого персоналу, підвищену надійність роботи споруд тощо.

Контрольні питання

1. Що розуміється під загальнодержавним водогосподарським комплексом? Під регіональним водогосподарським комплексом?
2. Що називається водогосподарською системою?
3. Яким чином визначається оптимальна структура водогосподарських систем?
4. Які основні способи визначення порівняльної економічної ефективності Ви знаєте?
5. Яким чином відбувається обчислення коефіцієнтів порівняльної економічної ефективності та термінів окупності капітальних вкладень?
6. Що означає поняття «приведені затрати»?
7. Яким чином визначаються приведені затрати?
8. Що розуміється під поняттям «капітальні вкладення»?
9. Яким чином обчислюються сумарні капітальні вкладення у водогосподарський об'єкт?
10. Які види приведених затрат Ви можете назвати?
11. Яким чином визначається економічна ефективність обраного варіанта?
12. Які показники загальної (абсолютної) економічної ефективності Ви знаєте? Яким чином вони розраховуються?
13. Яким чином розраховується коефіцієнт загальної економічної ефективності з урахуванням фактора часу?

Завдання

1. Необхідно, використовуючи вхідні дані свого варіанта (додаток, табл. 14) 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. 15) 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. 16), за допомогою формул (5.8), (5.9) обчислити коефіцієнт загальної економічної ефективності та термін повернення капітальних вкладень й визначити загальну економічну ефективність обраного варіанта структури водогосподарської системи.

4. Зробити висновки.

Приклади розрахунків

1. Наприклад, необхідно обрати з двох варіантів структури водогосподарських об'єктів, які характеризуються наступними показниками, найекономічніший: $K_1=8$ млн, $K_2=6$ млн грн; $C_1=2$ млн, $C_2=2,5$ млн грн. Тоді, користуючись залежностями (5.1), (5.2), необхідно знайти коефіцієнт порівняльної економічної ефективності E і термін окупності капітальних вкладень T

$$E = \frac{2,5 - 2,0}{8 - 6} = \frac{0,5}{2} = 0,25;$$

$$T = \frac{8 - 6}{2,5 - 2,0} = \frac{2}{0,5} = 4 \text{ роки.}$$

Отже, перший варіант є економічнішим, хоча його здійснення потребує на 2 млн грн капітальних вкладень більше, проте ці додаткові вкладення знижують собівартість річної продукції першого варіанта на 0,5 млн грн. Таким чином 2 млн грн додаткових капітальних вкладень окупуються за 4 роки, тобто в термін набагато менший за нормативний.

2. Припустимо, що з двох варіантів структури водогосподарських об'єктів, які характеризуються наступними показниками, необхідно обрати найекономічніший: $E_H=0,10$, $K_1=8$ млн грн, $C_1=2$ млн грн, а $K_2=6$ млн грн, $C_2=2,5$ млн грн. Тоді, користуючись залежністю (5.3),

необхідно знайти приведені затрати:

Для першого варіанта

$$2 + 0,10 \cdot 8 = 2,8 \text{ млн грн.}$$

Для другого варіанта

$$2,5 + 0,10 \cdot 6 = 3,1 \text{ млн грн.}$$

Тобто у цьому прикладі більш економічно вигіднішим є перший варіант водогосподарського об'єкта, оскільки він характеризується найменшими приведеними затратами.

3. Коли найбільш економічний варіант водогосподарської системи обраний, необхідно визначити його економічну ефективність шляхом обчислення коефіцієнта загальної економічної ефективності E_z за формулою (5.8) та термін повернення капітальних вкладень T_n за формулою (5.9), використовуючи такі показники: $C = 2,254$ млн грн, $C_{в.в.} = 1,23$ млн грн, $K = 9,142$ млн грн.

$$E_z = \frac{2,254 - 1,23}{9,142} = \frac{1,024}{9,142} = 0,11;$$

$$T_n = \frac{9,142}{2,254 - 1,23} = \frac{9,142}{1,024} = 9 \text{ років.}$$

Зіставляючи одержані результати з нормативними значеннями коефіцієнта загальної ефективності та терміном окупності капітальних вкладень, можна зробити висновок, що цей варіант водогосподарської системи є економічно ефективним.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

Основна:

1. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: Навчальний посібник. – К.: Т-во «Знання», 2007. – 422 с.
2. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник. – К.: Вища школа, 2005. – 671 с.
3. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація: Підручник. – «Кондор», 2009. – 288 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.: Гидрометеиздат, 1981. – 174 с.
6. Нежиховский Р.А. Гидролого-экологические основы водного хозяйства. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 230 с.
7. Чернов М.І. Гідроекологічні основи водного господарства: Конспект лекцій. – Дніпропетровськ: «Економіка», 2005. – 75 с.

Додаткова:

8. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1974. – 480 с.
9. Бесценная М.А., Орлов В.Г. Практикум по оценке загрязненности водных объектов: Учебное пособие. – Л.: изд. ЛПИ, 1983. – 54 с.
10. Методика розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів. Наказ № 37 від 18.05.1995. – <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=z0162-95> (25.07.2009).
11. Обухов Є.В. Водне господарство України: Підручник. – Одеса: «Поліграф», 2009. – 198 с.
12. СНиП 2.04.02-84. «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения». – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.
13. СНиП 2.04.01-85. «Внутренний водопровод и канализация зданий». – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 56 с.
14. СНиП 2.04.03-85. «Канализация. Наружные сети и сооружения». – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 72 с.
15. Сорокіна К.Б., Мельман В.О. Методичні вказівки до виконання курсової роботи та проведення практичних занять з курсу «Основи водопостачання, водовідведення та екології». – Харків: ХНАМГ, 2005. – 28 с.
16. Справочник по экологической экспертизе проектов // Под. ред. М.А. Пустовойта. – Киев: «Урожай», 1986. – 192 с.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

- Витрата - води, 14
 - добова, 15
 - погодинна, 16
 - стічних вод, 38
- Відносна - довжина зони забруднення, 59
 - площа зони забруднення, 59
- Води - виробничі, 30
 - побутові, 33
 - погодинні, 14
 - стічні, 30
- Водогосподарська система, 79
- Водогосподарський комплекс - загальнодержавний, 79
 - регіональний, 79
- Водокористування, 12
- Водопостачання, 6

- Гранично допустима концентрація, 48

- Демографічна місткість, 11
- Джерела водопостачання, 8

- Економічна ефективність - загальна, 85
 - порівняльна, 81

- Забезпеченість - добових витрат води, 57
 - забрудненої води, 58
 - середньої концентрації, 58
 - стоку води, 58
 - чистої води, 59
- Збитки - за аварійний скид сировини, 73
 - за наднормативний скид, 71
 - за самовільний аварійний скид зворотних вод, 72
 - за скид зворотних вод з транспортних засобів, 72

- Каналізування, 32
- Коефіцієнт - добової нерівномірності, 14
 - загальної економічної ефективності, 85
 - змішання, 53
 - погодинної нерівномірності, 14
 - порівняльної економічної ефективності, 81
- Кратність розведення, 53

- оптимальна, 12

Лімітуюча ознака шкідливості, 48

Накопичувач - випарник, 41
- відстійник, 41
- регулятор, 41

Номограми, 62

Норма - витрат води, 17
- водовідведення, 36
- водоспоживання, 12
- якості вод, 49

Нормативи - рибогосподарські, 48
- санітарно-гігієнічні, 48

Питоме - водовідведення, 38
- водоспоживання, 16

Питомі витрати води, 12

Показник - абсолютного загального навантаження, 57
- відносного навантаження, 59
- гранично допустимого навантаження, 59
- неперевищення, 58
- перевищення, 58

Попарне порівняння, 81

Потреби - виробничі, 20
- господарсько-питні, 18
- комунальні, 17

Приведені затрати, 83
- динамічні, 84

Рівняння - балансу речовини, 52
- водного балансу, 42
- сольового балансу, 42

Розведення стічних вод, 52

Самоочищення водойм, 54

Система - водовідведення, 32
- двомережна неповна роздільна, 34
- загальносплавна, 33
- комбінована, 35
- неповна роздільна, 34
- повна роздільна, 34
- роздільна, 34

- водопостачання, 5
 - комбінована, 9
 - зворотна, 9
 - послідовна, 9
 - прямотечійна, 9

Ставки-накопичувачі, 41

Ступінь очищення, 56

Сумарні приведені капітальні вкладення, 84

Схема водопостачання, 6

Термін - окупності додаткових капітальних вкладень, 83

- повернення капітальних вкладень, 85

Якість очищення, 53

ДОДАТОК

Таблиця 1 – Вхідні дані для розрахунків демографічної місткості території

№ варіанта	Річка – пункт	Район протікання	Сумарний приплив річкових вод $Q_{пр}$, м ³ /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 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 3 – Вхідні дані для розрахунків витрат води та стічних вод для промислових підприємств

№ варіанта	Найменування підприємства	Норма $q_{нит}$, м ³ 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 4 – 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 ³	Ступінь вогнестійкості та категорія приміщення по пожежній небезпеці
1	9	1	13	2	V, B
2	10	5	15	4	IV, B
3	12	10	17	10	V, Г
4	14	25	19	15	IV, Д
5	20	50	22	25	III, B
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 5 – Вихідні дані для розрахунків водного та сольового балансу ставка-накопичувача

№ варіанта	Місяці	$W_{np},$ м ³	$C_{np},$ мг/дм ³	$W_{ст},$ м ³	$C_{ст},$ мг/дм ³	$W_{оп},$ м ³	$W_{вип},$ м ³	$W_{поч},$ м ³	$C_{поч},$ мг/дм ³	$C_{кін},$ мг/дм ³
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. 5

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. 5

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 6 – Вхідні дані для розрахунків кратності розведення та коефіцієнта змішання

№ варіанта	Річка – пункт	Q_p , м ³ /с	$Q_{ст}$, м ³ /с	$C_{ст}$, мг/дм ³	C_{max} , мг/дм ³
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 7 – 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 ³	$C_{ст}$, мг/дм ³	C_p , мг/дм ³	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 8 – 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 9 – 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 10 – 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 11 – Вхідні дані для розрахунків кратності розведення

№ варіанта	ГДК _{умов} , мг/дм ³	Концентрація забруднювальної речовини в стічних водах <i>C_{ст}</i> , мг/дм ³	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 12 – Вхідні дані для розрахунків збитків

Al (органічні речовини)=0,3 мгО₂/дм³

Al (завислі речовини)=0,1 мг/дм³

Al (нафтопродукти)=20 мг/дм³

№ варіанта	Витрати зворотних вод V , м ³ /д	Тривалість над- нормованого скиду T , діб	Середня фактична концентрація забруднювальних речовин в зворотних водах $C_{с.ф.}$, мг/дм ³		
			органічні речовини, мгО 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	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 13 – 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 ²	Маса сміття W з 1 м ² , кг		
				ΔW_1	ΔW_2	ΔW_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 14 – 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 15 – 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 16 – 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

М. В. Захарова

**ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВОДНОГО
ГОСПОДАРСТВА
ПРАКТИКУМ**

Навчальне видання

Захарова Марина Володимирівна

**ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВОДНОГО
ГОСПОДАРСТВА
ПРАКТИКУМ**

Підписано до друку

Формат 60×84/16

Папір офсетний

Друк офсетний. Умовн. друк. арк.

Тираж 50 прим. Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

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

Захарова М. В.

З 38 Гідроекологічні основи водного господарства. Практикум:
Навчальний посібник. – Одеса: «Екологія», 2010. – 110 с.

ISBN

У навчальному посібнику для практичних занять з дисципліни «Гідроекологічні основи водного господарства» викладено теоретичний матеріал та розрахункові завдання у відповідності з робочою програмою. У ньому розглядаються екологічні проблеми водопостачання, водовідведення, водокористування, безпеки водних об'єктів та техніко-економічного обґрунтування водогосподарських систем.

Для забезпечення самостійної роботи студентів у навчальному посібнику наприкінці кожного розділу наведені контрольні питання та приклади вирішення завдань.

Навчальний посібник призначений для студентів денної та заочної форм навчання за напрямом «Екологія», спеціальність «Екологія та охорона навколишнього середовища», (спеціалізація «Гідроекологія»).

ББК 26.22:31.5
УДК 504.04