



Національний університет
водного господарства та
природокористування

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет будівництва та архітектури
Національний університет водного господарства та
природокористування

О.А.Василенко, Л.Л.Литвиненко, О.М.Квартенко

РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ТА ОХОРОНА ВОДНИХ РЕСУРСІВ



Навчальний посібник
Національний університет
водного господарства
та природокористування

Рівне 2006

УДК 628.1: 556.18 (477) (075.8)

ББК 38.761.1 я7

В 19

Рецензенти:

Орлов В.О., доктор технічних наук, професор Національного університету водного господарства та природокористування;

Епоян С.М., доктор технічних наук, професор Харківського державного технічного університету будівництва та архітектури

Волкова Л.А., кандидат сільськогосподарських наук, професор Національного університету водного господарства та природокористування.

Василенко О.А., Литвиненко Л.Л., Квартенко О.М.

В 19 Рациональное использование та охорона водних ресурсів: Навчальний посібник.- Рівне: НУВГП, 2006. – 246 с.

ISBN

Розглянуті питання раціонального використання та охорони водних ресурсів з розробкою водних та водогосподарських балансів, схем зворотнього водопостачання промислових об'єктів. Викладені основи розрахунку необхідного ступеня очистки стічних вод з врахуванням самоочищення. На прикладах розглянуті можливості використання очищених стічних вод на промислових підприємствах, а також системи штучного поповнення підземних вод і їх технічні рішення.

Навчальний посібник призначений для студентів вузів, які навчаються за спеціальністю „Водопостачання і водовідведення”, а також може бути використаний для спеціальностей „Екологія і охорона навколишнього середовища” та „Теплоенергетика”.

УДК 628.1: 556.18 (477) (075.8)

ББК 38.761.1 я7

ISBN

- © Василенко О.А., Литвиненко Л.Л. Квартенко О.М., 2006
- © Київський національний університет будівництва та архітектури, 2006
- © Національний університет водного господарства та природокористування, 2006



Вступ

Водні ресурси це природне багатство, яке вимагає збереження і охорони особливо в теперішній час, коли суспільство змінює свої погляди, розширює можливості. У сільськогосподарському виробництві використовується 72,2% території країни, з них 57,5% її розорано. Урожайність сільськогосподарських культур на полях України в 1,5...2 рази нижче ніж середньоевропейська. Старі технології у промисловості і сільському господарстві вимагають багато води і зумовлюють великий обсяг технологічних викидів. Середньорічний обсяг твердих технологічних викидів сягає 1,9...2,0 млрд.т, стічних вод 22 млрд.м³. До цього слід додати велику кількість мінеральних добрив, пестицидів, радіаційне забруднення. Все це безперечно впливає на здоров'я людей: росте смертність в молодшому віці, дітей. Багато дітей народжується з різними відхиленнями в розвитку.

Річкові системи з давніх часів були центрами розміщення не тільки населених пунктів, а й різних виробництв; пізніше промислових об'єктів та промислово-господарських комплексів. На берегах Дніпра розвивався Придніпровський промисловий комплекс, на Сіверському Дінці Донецько-Слов'янський і Лисичанський промислові комплекси, на притоках Дністра Калузький та Долинський. Невидлячість на зниження виробництва в останні роки продовжується накопичення прогресуючих забруднень джерел водопостачання та розширення видів та діапазона концентрацій забруднюючих речовин антропогенного (в першу чергу техногенного) походження, які надходять у водотоки та водойми. Цей факт привів до того, що побудовані за старими проектами системи водопостачання населених пунктів, промислових підприємств, сільськогосподарських об'єктів в теперішній час не можуть в певній мірі вирішувати покладені на них задачі.

Водні ресурси є важливими факторами розвитку економіки, важливо вміти прогнозувати зміни, які можуть відбуватися у водному господарстві і під їх впливом у природно-господарських комплексах через 20...30 років. Це можливо при існуванні комплексної водогосподарської системи, формування якої спирається на ґрунтовні наукові дослідження у сфері використання водних ресурсів з урахуванням змін, що трапляються в природному середовищі.



1. Водні ресурси України

1.1. Фізико-географічна характеристика

Україна займає південно-західну частину Східно-Європейської рівнини, Українські Карпати, Кримські гори. Загальна площа території 603 тис.км². Для рівнинної і гірської частини характерна зональність ландшафтів. Північна частина (Полісся) розташована в зоні змішаних лісів, середня частина в зоні лісостепу, а Південна в степовій зоні. Північна межа лісостепу проходить в напрямку Луцьк-Рівне-Житомир-Київ-Ніжин-Глухів. Південна -Первомайськ-Кременчук-Зміїв.Річки України належать до басейнів Чорного та Азовського морів і частково (2%) - до басейну Балтійського моря.

Водозбори великих та багатьох середніх річок розташовані в кількох природних зонах і геоморфологічних областях, малі ж річки течуть здебільшого в межах однієї геоморфологічної області. Річкова мережа України – це річкові системи Дніпра, Вісли, Дунаю, Дністра, Південного Бугу, Сіверського Донця, та річок чорноморського та азовського узбережжя.

Більша кількість річок приходить на басейн Дніпра – 27,7%, Дунаю – 26,3%, Дністра – 23,7%, Південного Бугу – 9,3%. Площі водозборів річок коливаються в широкому діапазоні: для великих річок вони можуть бути >100тис.км², а для малих водотоків (довжиною 10-20 км) площі коливаються від 20-30 км² до 100-200 км² і більше.

Басейн Вісли в межах України займає північний захід Волино-Подільської височини і західну частину Поліської низовини. Вододіли проходять по пасмах горбів. Середня висота водозбору 250-350 м, похили переважно 20-90 м/км.

Басейн Дунаю займає південні та південно-східні схили Східних Карпат, Закарпаття та південно-західну окраїну Причорноморської низовини. В межах України протікає лише невелика частина нижньої течії річки Дунай від м.Рені до гирла довжиною 174 км. Середні висоти водозборів басейну становлять 800...1200 м, а середні похили – 200...400 м/км.

Дністер має басейн у формі витягнутого і зігнутого посередині овалу довжиною біля 700км при середній ширині 120км. Висоти у гірській частині басейну досягають 1000...1800м.

Південний Буг розташований на Волино-Подільській і Придніпровській височині, нижня частина басейну – на Причорноморській

низовині. Форма басейну – грушоподібна, у верхів'ї різко звужена; у середній і нижній частинах басейн різко асиметричний. Середня висота водозбору у верхів'ях – 300...320 м, в нижній частині – 5...20 м. Річкова мережа має деревоподібний малюнок.



Рис. 1.1. Гідрологічне районування України

Басейн Дніпра займає найбільшу площу. Витік Дніпра знаходиться в Росії на схилах Валдайської височини.

Східна та південно-східна частина України – це басейни Сіверського Донця і річок Приазов'я. На північному узбережжі Азовського моря течуть малі та середні річки, що стікають із південних схилів Приазовської височини. Переважна більшість річок України тече з півночі на південь або у близькому до цього напрямку.

З поверхневих водних джерел України виділяються озера, більшість яких знаходяться неподалік від морів. На Поліссі розташовані найглибші озера України – Світязь (58,4м) у басейні Західного Бугу, Сомине (56,9м) у басейні Виживки (притока Прип'яті).

Найбільші за площею дзеркала є: з прісних озер – Ялпуг (149 км²) із солоних – Сасик (210 км²) та Молочне (170 км²). Поширені на Україні штучні водойми – ставки і водосховища (1094 водосховища і 27579 ставків). Ставки і водосховища займають 11782 км² площі і містять 58,2 км³ води, що перевищує середній річний стік Дніпра і в цілому водні ресурси країни, які формуються на її території в середні за водністю роки.

Розподіл штучних водойм по території країни нерівномірний. Найбільшу площу вони займають у лісостеповій і степовій зонах. Понад 1 га/км² площі водного дзеркала ставків та водосховищ має Вінницька, Донецька, Одеська, Харківська, Хмельницька і Чернігівська області, найменше – 0,12...0,29 га/км² – Волинська, Закарпатська, Івано-Франківська області та Автономна Республіка Крим. У середньому на 1 км² площі припадають 2 га водної поверхні штучних водойм.

Надійними джерелами водопостачання є підземні води. Ресурси підземних вод формуються внаслідок функціонування двох факторів: джерел живлення (головним чином атмосферних опадів) і наявності підземних колекторів, які акумулюють інфільтраційні води та води ювеніального походження.



Рис.1.2. Гідрографічна сітка України

В межах України виділяють декілька гідрологічних районів: зона шпаруватих та пластово-шпаруватих вод Українського щита; Дніпровський артезіанський басейн; Донецько-Донський артезіанський басейн; Донецький субартезіанський басейн; Волино-Подільський артезіанський басейн, зона тріщинних та пластово-тріщинних вод Карпат; Передкарпатський, Закарпатський, Причорноморський, Рівнино-Кримський та Азово-Кубанський артезіанські басейни; зона шпарувато-карстових вод Гірського Криму.

Тобто Україна розташована в межах 12-ти гідрогеологічних структур, які різняться між собою за умовами живлення підземної води, колекторними властивостями гірських порід, що їх складають. Це і зумовлює значну нерівномірність розподілу ресурсів підземних вод по території країни. Загальна кількість експлуатаційних запасів підземної води становить $57,2 \text{ млн. м}^3/\text{добу}$ ($21 \text{ км}^3/\text{рік}$), але вимогам діючого стандарту відповідає лише 90,4%. Інша частина підземної води має відхилення від Держстандарту за показником мінералізації (понад 1 г/л). Основна частина (понад 60%) ресурсів підземних вод зосереджена в північних областях України (Чернігівська, Київська, Полтавська, Харківська, Рівненська, Сумська, Львівська).

Найменше забезпечені ресурсами підземних вод ($362...758 \text{ тис. м}^3/\text{добу}$) Черкаська, Кіровоградська, Миколаївська, Івано-Франківська, Житомирська і Одеська області. Про розподіл ресурсів підземних вод в межах басейнів основних річок свідчить діаграма (рис.1.3), яка показує, що більша частина цих ресурсів (60%) належить до басейну Дніпра ($35,3 \text{ млн. м}^3/\text{добу}$). По інших основних басейнах цей розподіл становить: Сіверсько-Донецький-12%; Дністер-9%, річки Приазов'я-5%, межиріччя Дністер – Південний Буг -1%.

Формування прогнозних ресурсів України в кількості $21 \text{ км}^3/\text{рік}$ забезпечено за рахунок природних ресурсів підземної води – $10,4 \text{ км}^3/\text{рік}$; транзитних природних ресурсів підземних вод $0,93 \text{ км}^3/\text{рік}$; залучених при експлуатації ресурсів підземної води – $2,59 \text{ км}^3/\text{рік}$; природних запасів підземної води – $7 \text{ км}^3/\text{рік}$.

На території України розвіданість запасів підземної води складає від 90 до 14%. В найбільшому річковому басейні Дніпра підземні води розвідані лише на 20%, в басейні Дністра – 27 %; Південного

Буга – 30 %.

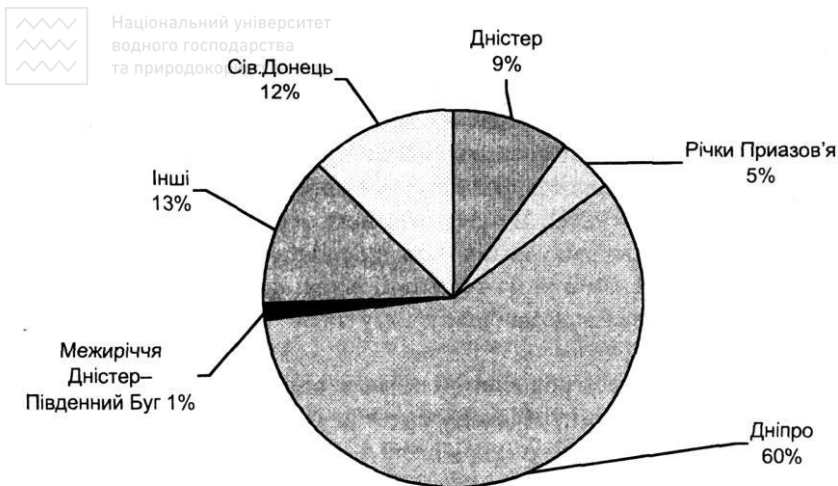


Рис 1.3. Розподіл прогнозних ресурсів підземних вод по басейнах найбільших річок

1.2. Кліматичні умови

Наслідком конденсації в атмосфері водяного пару є атмосферні опади. Водяний пар утворюється при випаровуванні з водних поверхонь. Складність процесів атмосферної циркуляції та зміна атмосферних явищ впливає на розподіл опадів по поверхні землі. На Україні опади випадають в основному з хмар, які зв'язані з атмосферними фронтами та циклонами. Взимку циклони надходять на Україну з Середньоземного моря та Атлантичного океану. Літом по всій території України відбувається трансформація повітряних мас.

Для рівнинної території України характерними є зменшення опадів з півночі та північного заходу на південь та південний схід. В районах Українських Карпат та Криму випадає найбільша кількість опадів. Для лісостепу кількість опадів за рік досягає 500...650 мм, в Українських Карпатах – до 700 мм, на північному сході, в басейні Десни – 600 мм, а райони південного степу мають недостатню кількість опадів < 500мм. Узбережжя Чорного та Азовського морів кількість опадів мають

< 40 мм. Розподіл опадів по території України може змінюватись з року в рік, тому можливо виділити два характерних періоди: холодний (листопад-березень) коли поряд з твердими опадами можуть випадати і рідинні; теплий (квітень-жовтень) коли перевагу мають рідинні

Національний університет
та природокористування

опадів. В холодний період випадає 20...25 %, в теплий – 75...80 % річної суми опадів.

Частота випадання опадів характеризується кількістю днів з осадами різних типів. На більшій території вона складає 140...165 днів, а в південній частині степу 100...140 днів, на узбережжі Чорного та Азовського морів – зменшується до 100 днів. В гірській частині Українських Карпат та Криму вона сягає 180 днів.

Дуже сильні зливові опади випадають влітку (червень-липень). Інтенсивність зливових опадів – це найбільша кількість опадів, яка випадає за добу. На значній території України ці значення складають 140...170 мм, в південних районах 100...140 мм, в гірських районах – 200 мм і найбільше опадів випадає в Українських Карпатах 340 мм. Характеристика зливної діяльності наведена в таблиці 1.1.

Термічний та льодовий режим річок України складається під впливом термічних, морфометричних та антропогенних факторів. Головний фактор – термічний – тобто сумарна сонячна радіація – характеризується річними змінами температури води від початку весняного прогріву (стійкого переходу через 0,2⁰ весною) і до початку кригових явищ восени (стійкого переходу через 0,2⁰ восени). Середні багаторічні місячні значення температури води є розрахунковими характеристиками. Для ділянок річок з природнім термічним режимом дані приведені на рис.1.4 - 1.6. Нестійкий температурний режим території України, а також неоднакова ступінь впливу та різноманітність факторів, які порушують залежність між кліматом та кригоутворенням привели до великої різноманітності терміну початку основних фаз кригового режиму та їх терміну дії і товщини криги. Найбільш стійкий криговий режим на ділянках з природнім криговим режимом та уповільненим ґрунтовим живленням на річках рівнин. Середні дати початку кригових явищ 10...15.11; 16...25.11; 26.11...5.12. Термін стійких кригових явищ дуже змінюється і досягає в нестійкі осінньо-зимові періоди максимального значення (50...90 днів), а в звичайні осінньо-зимові періоди – 10...25 днів. Кригоутворення на річках спостерігається до 20 днів. Криговий покрив річок порушується під впливом двох факторів: тепла та механічного впливу води.

Середні терміни початку скрисання криги покривлі приходится на березень, причому на річках південно-західної частини - на початок березня, а на річках північно-східної частини – на другу його половину.



Таблиця 1.1. Характеристика зливної діяльності

Райони	Найбільша сума опадів за добу, мм	Інтен- сивність, мм/хв.	Трива- лість, хв.	Результати зливної діяльності
Гірські:				
Українські Карпати	340	9,5	78	Значні розмиви повер- хонь водозборів, формування сільової повені
Крим	223	6,7	160	Те ж
Височини:				
Придні- провська	212	4,45	100	Дуже інтенсивні роз- миви поверхні водозборів, виникнення ярів і грязьових потоків
Волино- Поділь- ська	282	3,14	55	Те ж
Призов- ська	161	7,0	50	Значні розмиви повер- хні водозборів, змив родючої поверхні грунту
Низовини:				
Полісько- При-Дні- провська	170	10,2	75	Затоплення понижених частин водозборів і без- стічних ділянок
Причорно- морська	190	3,70	130	Місцями значний змив висушеної поверхні ґрунту водозборів
Північний схід і крайній схід	150	3,27	45	Інтенсивні розмиви поверхні водозборів, виникнення ярів

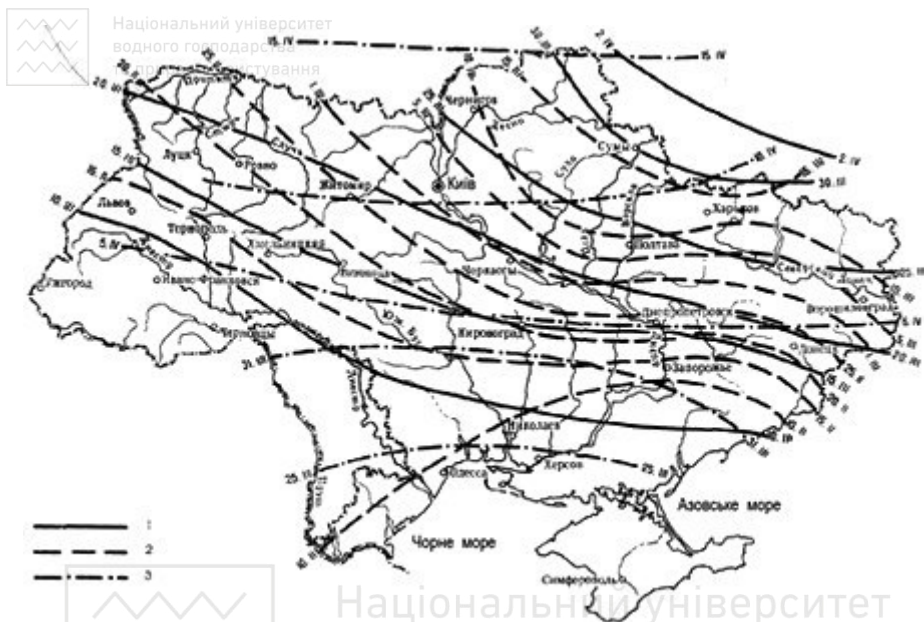


Рис.1.4. Дати переходу температури води через $0,2^{\circ}\text{C}$ весною.
1 - середні; 2 - ранні; 3 – пізні

Температура річок рівнинної території України приведена на рис.1.5 та рис.1.6. Повне очищення річок від льоду відбувається через 5...10 днів після скрисання криги.

1.3. Гідрологічні і гідрографічні умови

Площі водозборів річок України коливаються в великих межах. Басейни малих водотоків змінюються від 20...30 до 100...200 км², а деякі з них, з сильно розвинутою річковою мережею, мають площі басейнів більше 10000 км². Водозбори великих річок складають 100 тис.км² і більше. Найбільша кількість річкових басейнів (95,9%) мають площі, не більше 50 км². Басейни річок площею 50...500 км² складають 3,5%, з площею більше 500 км² – тільки 0,6%.

Густота річкової мережі коливається по території дуже в значних межах, що обумовлено багатьма природними факторами: кліматом, висотою місцевості над рівнем моря, характером рельєфу, геологічною будовою, якістю гірських порід та ґрунту, характером рослинності.

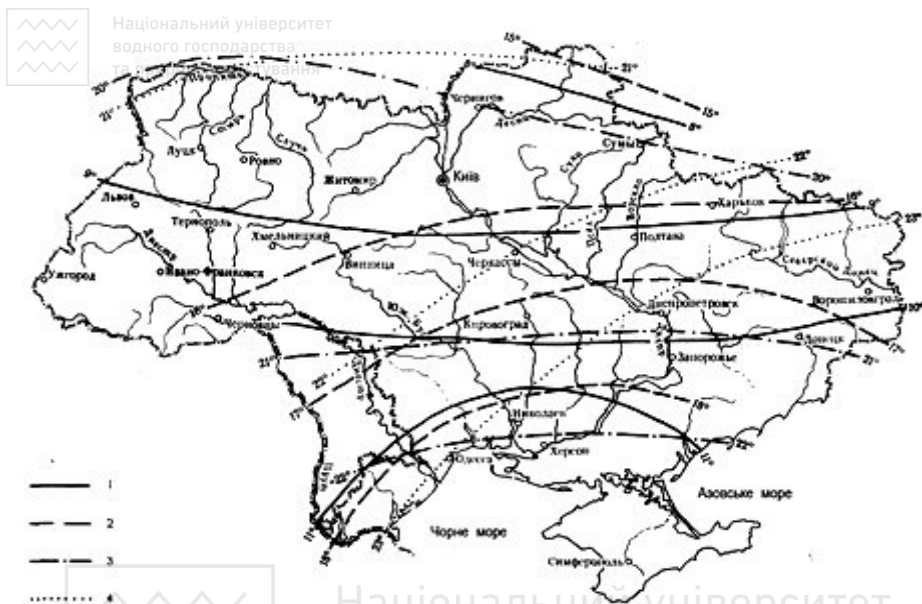


Рис 1.5. Температура води річок рівнинної території України: 1 – квітень; 2 – травень; 3 - червень; 4 – липень

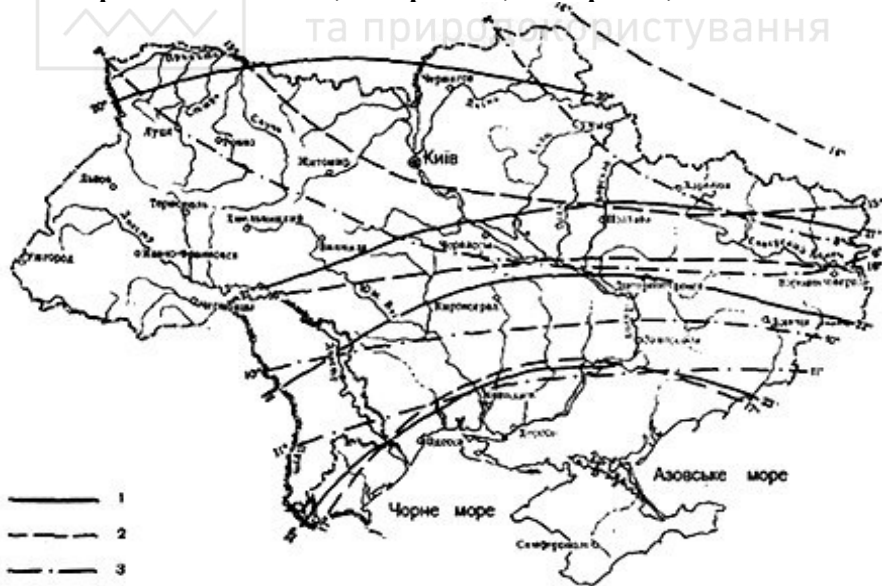


Рис.1.6. Температура води річок рівнинної території України: 1 – серпень; 2 – вересень; 3 – листопад



Басейн р. Вісла в межах України нараховує 3112 річки загальною довжиною 7363 км. Басейн р. Дунай в межах України має лише малу частину і основними річками по Україні є Тиса, Сірет, Прут. Дністер – друга за величиною після Дніпра річка України – має басейн площею 52690 км². Висоти у гірській частині басейну сягають 1000...1800 м. Особливістю гідрографічної мережі басейну Дністра є відсутність значних приток – переважають малі річки завдовжки до 10 км (16294 річки). Ще 449 річок мають довжину до 25 км, 86 річок – 25...50 км, 45 річок – 51...100 км і 15 річок – 100...300 км. Річкова мережа в басейні Дністра розвинута нерівномірно. Найгустіша (понад 1...1,5 км/км²) у карпатській частині басейну, менша – на лівобережжі (0,5...0,7 км/км²) і зовсім не розвинута в нижній степовій частині (0,2 км/км²). Басейн Південного Бугу має площу водозбору 65700 км² . Середні висоти водозбору у верхів'ях – 300...320 м, в нижній частині – 5...20 м. Середня густота річкової мережі 0,35 км/км² .

Басейн Дніпра має найбільшу площу 292700 км² . Це – типова рівнинна річка і її басейн може бути поділений на такі частини: 1) правобережжя р.Прип'яті, де найбільші її притоки беруть початок на Волино-Подільській і Придніпровській височинах; 2) лівобережжя Дніпра, де річки стікають із Середньоруської височини та її відрогів і течуть по Придністровській низовині; 3) правобережжя Дніпра, де притоки беруть початок на Придніпровській височині.

Річкова мережа Дніпра найгустіша в межах Волино-Подільської височини (0,5 км/км² і більше), а найменша – у безстічних районах, де її густота близька до нуля або дорівнює нулю.

Сіверський Донець – найбільша правобережна притока Дону й одна з великих річок України. Площа басейну 250км² і густота річкової сітки 0,21 км/км² .

Переважає більшість річок України тече з півночі на південь або у близькому до цього напрямку, окремі річки – з півдня на північ; напрямок течії малих річок залежить від місцевих умов і може бути різний.

В Україні понад 63 тис. малих річок і водостоків. Їх загальна довжина – 135,8 тис.км, з яких близько 60 тис.(95%) дуже малих (до 10 км) їх загальна довжина – 112 тис.км.

У межах басейнів головних річок і приморських територій водозбірні площі малих річок мають розміри: у басейнах Вісли,

Дунаю, Дністра і Причорномор'я -20,1...50 км²; у басейнах Південного Бугу та Дністра -50,1...100 км², у Приазов'ї -100,1...200 км².

Густота річкової мережі змінюється по території України у широких межах. Значною густотою визначаються гірські райони - Карпати (1,49 км/км²) та Кримські гори (0,61 км/км²). В цілому гідрографічна мережа має густоту близьку до 0,39 км/км².

При розрахунках можливостей басейну річки необхідно знати гідрографічні характеристики даного басейну: площу водозбору (F , км²); довжину водозбору (L_0 , км) -відстань по прямій від витоку (точки витікання річки, або її притоки, на території площі водозбору) до гирла (точки витоки річки з території площі водозбору, яка розглядається на суміжну площу); середню ширину водозбору (B , км):

$$B = F / L_0, \quad \text{км} \quad (1.1)$$

довжину річки L , км:

$$L = N_{\text{вим}} \cdot C_{\text{вим}}, \quad \text{км} \quad (1.2)$$

де $N_{\text{вим}}$ – кількість розхилів вимірювача, що вкладається в межах ламаної лінії, яка співпадає з вододілом водотоки від точки витікання до точки витікання річки на площу водозбору, шт;

$C_{\text{вим}}$ – ціна поділки розхилу вимірювача, км.

Коефіцієнт звивистості річки, $\kappa_{\text{зв}}$:

$$\kappa_{\text{зв}} = N_{\text{вим}} \cdot C_{\text{вим}} / L_0 = L / L_0 \quad (1.3)$$

Коефіцієнт витягнутості водозбору:

$$\delta = L^2 / F \quad (1.4)$$

Коефіцієнт густоти річкової мережі, D :

$$D = \sum L / F \quad (1.5)$$

де $\sum L$ - сума довжин річок в межах обраної ділянки басейну, км.

Ухил річки (в межах площі водозбору):

$$i_p = \frac{z_{\text{вит}} - z_{\text{гирла}}}{L} \quad (1.6)$$

де $z_{\text{вит}}$ і $z_{\text{гирла}}$ – відповідно абсолютні позначки поверхні землі витоку і гирла (зняті з фізичної карти України).



Коефіцієнт лісистості ($f_{\text{ліс.}}$), озерності ($f_{\text{оз.}}$) і заболочуваності ($f_{\text{бол.}}$):

$$f_{\text{ліс.}} = \frac{F_{\text{ліс.}} \cdot 100\%}{F}; \quad f_{\text{оз.}} = \frac{F_{\text{оз.}} \cdot 100\%}{F}; \quad f_{\text{бол.}} = \frac{F_{\text{бол.}} \cdot 100\%}{F} \quad (1.7)$$

де $F_{\text{ліс.}}$; $F_{\text{оз.}}$; $F_{\text{бол.}}$ – площа лісів, озер, боліт визначена по географічній карті України в межах басейну, якій розглядається.

Рівневий режим річок України теж є різноманітним. Зміна рівнів в річках на протязі року характеризується для більшості річок рівнинної частини високою повинню (весняною). Яка може відбуватися двома-трьома і більше піками. Початок весняної повені – перша-друга декада березня (або третя декада лютого). Закінчується повинь в першій половині травня. Термін повені може бути 1,5...2 місяці. Найвищі рівні води спостерігаються на прикінці березня – початку квітня.

Період літньо-осінньої межені спостерігається з травня по жовтень-листопад і може перериватись дощовими повеннями. Термін дощової повені може бути від 3...5 днів до 1,5 місяця. Інтенсивність підняття рівнів води в повинь 5...20 і інколи 10...100 см/добу.

На малих річках можливе перемерзання на протязі декількох днів і до 2...3 місяців.

Норма річкового стоку – одна з найважливіших характеристик потенційних можливостей водного басейна. Водність річок України має ряд особливостей. В західному районі стік наближується до синфазного, а в ба-сейні Дніпра та Десни – до синхронного. Розподіл середнього багаторічного річного стоку річок України приведено на рис. 1.7.

Карта ізоліній річкового стоку створена на основі багаторічних спостережень на гідрометричній мережі і також даних водно-балансових станцій. Середній річний модуль поверхневого стоку ($M_{\text{сер}}$) $\frac{\text{л/с}}{\text{км}^2}$ для річкового басейну визначається по матеріалам багаторічних спостережень на гідрометричній мережі, а також водно-балансових розрахунків (методом інтерполяцій між опорними пунктами для яких визначені табличні $M_{\text{сер}}$). В разі відсутності даних спостережень по картам для центра басейна рис. 1.8.

$$M_{\text{сер}} = \frac{M_1 \cdot f_1 + M_2 \cdot f_2 + \dots M_n \cdot f_n}{f_1 + f_2 + \dots f_n}, \quad (1.8)$$

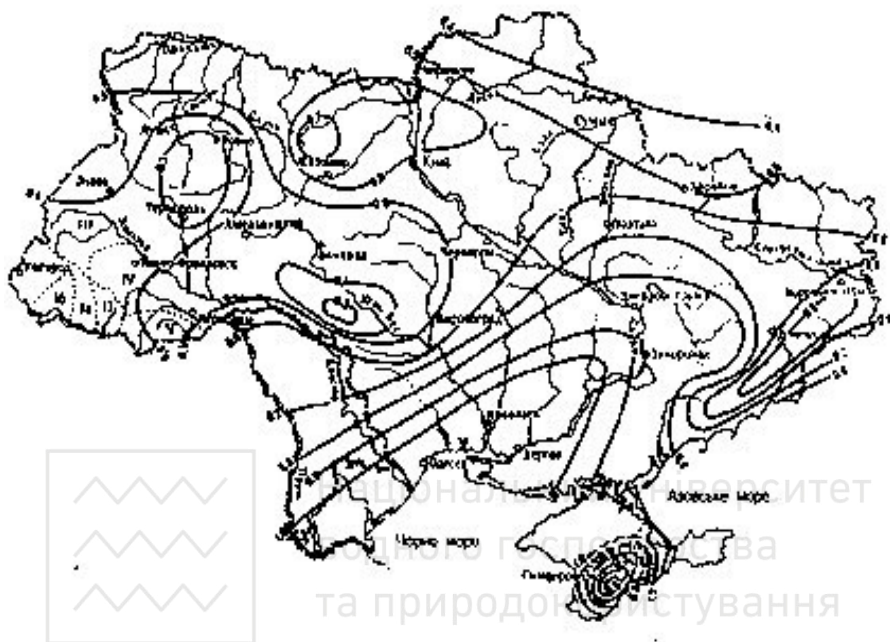
де $M_1, M_2 \dots M_n$ – середнє значення стоку між ізолініями, що перетинають водозбір, л/с/км^2 ;

$f_1, f_2 \dots f_n$ – площі водозбору між ізолініями і вододілом, км^2 . Визначаються за допомогою планіметра або палетки.





$$W_{сер} = Q_{сер} \cdot 3.154 \cdot 10^{-2}, \text{ км}^3 \quad (1.10)$$



**Рис.1.8. Коефіцієнти варіації річного стоку річок
Iа, Iб, II, III, IV, V – номери районних залежностей річного
стоку від висоти місцевості**

Коефіцієнт змінюваності стоку (C_v) встановлюють або за даними ба-гаторічних спостережень (методом інтерполяції між опорними гідрогра-фічними пунктами) або по карті ізоліній рис.1.8.

Коефіцієнт асиметрії стоку (C_3) приймають в залежності від кліма-тичних умов за даними спостережень або за допомогою розрахунку:

- для зони надлишкового зволоження при $M_{сер} > 4 \text{ л/с/км}^2$

$$C_3 = 2C_v \quad (1.11)$$

для зони змінного ($M_{сер} = 0,5 \dots 4 \text{ л/с/км}^2$)

чи недостатнього ($M_{сер} < 0,5 \text{ л/с/км}^2$) зволоження

$$C_3 = (1,5 \dots 1,8)C_v \quad (1.12)$$

для засушливої зони

$$C_3 = 1,5C_v \quad (1.13)$$



Таблиця 1.2. Поправочні коефіцієнти до стоку малих водостоків України

Райони	Площі водозбору, км ²				
	10	25	50	100	200
Міжріччя річок Прут-Дністер, Дністер-Південний Буг	2,3	1,9	1,6	1,3	1,0
Степова зона півдня України	2,7	2,2	1,8	1,4	1,0

Витрати (стік) річок для різних по водності років ($Q_{\text{сер}}$) м³/с, Р % - забезпеченості визначають за формулою:

$$Q_p = k_p \cdot Q_{\text{сер}} \quad (1.14)$$

де k_p – модульні коефіцієнти для переходу від величини стоку середнього по водності року ($Q_{50\%}=Q_{\text{сер}}$) до величини стоку певної – р% збезпеченості, їх значення встановлюють у відповідності з C_3 і C_v по таблиці 1.3.

Витрати (стік) річки в різні місяці років різної забезпеченості, м³/с визначаються за формулою:

$$Q_p^n = \frac{a_p^n \cdot 1,2 \cdot Q_p}{100}, \text{ м}^3/ \quad (1.15)$$

де a_p^n – відносний розподіл стоку в n -й місяць року заданої за безпеченості Р% приймається за даними [30 табл.2.10].

За даними розрахунку для даного басейна складається гідрограф стоку річки (рис. 1.9).

Мінімальний стік ($Q_{\text{мін}}$) м³/с спостерігається в період поверхневого стоку, коли річка переходить в основному на підживлення ґрунтовими водами. Розрахунки мінімальних витрат мають велике значення для судоплавства, водопостачання, зрошення і обводнення, енергетичного використання річок, а також призначення санітарних витрат.

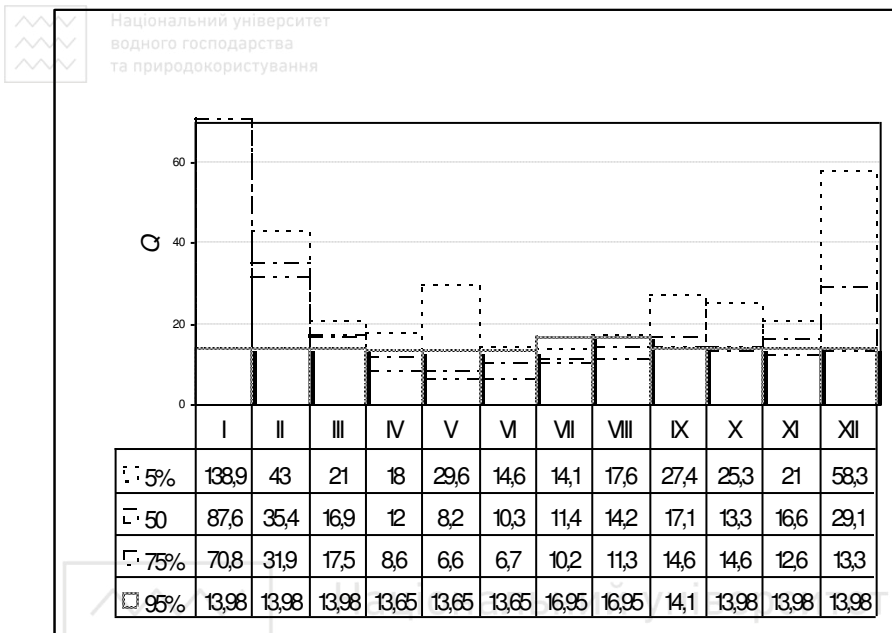


Рис.1.9. Гідрограф стоку річки

При проектуванні споруд на річках важливою характеристикою є середній багатолітній **стік наносів річки** та його річні значення. Річкові наноси діляться на завислі та рухомі. Для рівнинних річок більшість наносів (90%) – це завислі, для гірських районів – більшість наносів є рухомими. Стік завислих наносів по Україні змінюється в широких межах. Найменше його значення (модуль стоку завислих наносів) 5...10 т/рік з км² характерне для річок Полісся і Придніпровської низини, найбільші (100...200т/рік з км²) – для гірських річок Карпат і Криму. Стік наносів річок які протікають в межах ерозійно розвинутих височин має середнє значення. Дані про наноси можна отримати з карт каламутності води рис 1.10, які збудовані за даними спостережень на річках з площею водозбору більше 200 км² або за формулами зв'язку стоку наносів з визначальними факторами.

На основі узагальнення даних спостережень за стоком наносів річок України для району переважного поширення флювіогляціальних відкладень (Полісся і Придніпровська частини). Модуль стоку наносів визначають за формулою:



$$M_R = 1,12M_{\text{сер}} + 0,166h - 4,19$$

(1.16)

де $M_{\text{сер}}$ – середньорічний модуль стоку річки, $\frac{\text{л/с}}{\text{км}^2}$;

h – глибина річкової долини, м.

Таблиця 1.3 Коефіцієнти k_p для значень C_v

P, %	Коефіцієнт k_p для значень C_v							
	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1	1,1	1,2
	$C_3 = 1,5C_v$							
5	1,17	1,52	1,9	2,3	2,76	3,02	3,91	3,6
50	0,998	0,963	0,954	0,891	0,76	0,665	0,59	0,4
75	0,93	0,785	0,621	0,421	0,46	0,152	0,094	0,0
95	0,831	0,52	0,253	0,082	0,016	0,006	0,002	0,0
	$C_3 = 2C_v$							
5	1,17	1,54	1,94	2,36	2,78	3,0	3,21	3,4
50	0,997	0,97	0,918	0,846	0,746	0,693	0,64	0,5
75	0,931	0,784	0,634	0,489	0,352	0,238	0,241	0,1
95	0,842	0,565	0,342	0,181	0,082	0,051	0,03	0

Для іншої рівнинної частини території України, що складена лесовидними суглинками модуль стоку наносів визначається за формулою:

$$M_R = 10,6M_{\text{сер}} + 6,96\ell_p + 0,625h - 41,7$$

(1.17)

де ℓ_p – повздовжній нахил річки, %.

Для південно-західних схилів Карпат:

$$M_R = 7,17M_{\text{сер}} + 5,2\ell_p - 2,33f_{\text{л}} - 0,44H - 184,3$$

(1.18)

де $f_{\text{л}}$ – коефіцієнт лісистості водозбору, %;

H – висотне розташування пункту спостережень, м [30 с.28].

Для північно-східних схилів Карпат:

$$M_R = 1,54 - 4,74M_{\text{сер}}$$

(1.19)

В межах України найбільш інтенсивно експлуатуються підземні води, які залягають в алювіальних, алювіально-флювіогляційних четвертинних відкладеннях, в неогенових, памогенових та крейдових

Национальний університет
та природоохоронного господарства

утвореннях. Крім того, в Дніпровському, Донецько-Донському артезіанських басейнах та гірському Криму експлуатується водоносний горизонт юрських відкладень, Донбасі – кам'яновугільних, на території гідрогеологічної області Українського щита-водоносний горизонт періода докембрія.

1.4. Кількісний аналіз джерел водопостачання

Про кількість водних ресурсів судять за об'ємами води в різних частинах гідросфери. Із загальних запасів води на Землі на Світовий океан припадає 96,5 %. Практичного використання для задоволення потреб людей являють води річок. Їх одномоментний об'єм дуже малий, однак у кругообігу вологи він відтворюється протягом року в середньому приблизно 23 рази і в зв'язку з цим оцінюється у 47 тис.км³ на рік (таблиця 1.4), або при вираженні через модуль стоку – 10 л/с з 1 км². Теоретично водні ресурси невичерпні, оскільки вони відновлюються в процесі кругообігу. Однак споживання води зростає такими темпами, що перед людством дедалі частіше виникає проблема чистої води. У наш час природні гідрологічні, гідрометеорологічні, гідрохімічні, гідрогеологічні, гідробіологічні та інші процеси, в яких бере участь вода, змінюються під впливом діяльності людини. Одними з основних видів антропогенного впливу на стан і режим водних ресурсів та водних об'єктів є характер землеробства на водозбірних площах, регулювання стоку, промислове, сільськогосподарське та комунальне водопостачання. Збільшується об'єми стічних вод і маса забруднюючих речовин у них.

Кожен учасник водогосподарського комплексу (ВГК) має певні вимоги по кількості необхідної води з врахуванням нерівномірності використання її на протязі року, доби. Найбільшим водоспоживачем є промисловість (46 %), сільське господарство (43 %) та житлово-комунальне господарство (11 %). В промисловості найбільш великими водоспоживачами є енергетика (60 %-свіжої води і 53 % зворотної), чорна металургія – (17 % та 22 %); хімічна та нафтохімічна – (6 % і 10 %); харчова промисловість 5 % і 3 %. Ці самі водоемкі галузі промисловості використовують разом біля 83 % всієї води промисловості.

Для потреб сільського та рибного господарства забирається 15,8 км³ води; на водопостачання сільських населених пунктів – 1,6 км³, на зрошення та зволоження – 9,2 км³, на заповнення рибних



ставків та тимчасові нестандартні водозабори – 5,0 млрд.м³. До 10 % водопостачання в сільському господарстві складають втрати в каналах зрошувальних систем, на випаровування, фільтрацію, заповнення каналів перед початком поливного сезону.

Таблиця 1.4. Об'єм води і активність водообміну різних частин гідросфери Земної кулі

Частина гідросфери	Об'єм води, тис.км ³	Частка від об'єму, %		Тривалість умовного водообміну
		всіх вод	прісних вод	
Світовий океан	1338000	96,5*	-	2500 років
Підземні води	23700	1,72*	30,9*	1400-10000 років
Льодовики	26064	1,74*	68,7	9700 років
Озера	176	0,013	0,26	17 років
Ґрунтова волога	16,5	1 0,001	0,05	1 рік
Води атмосфери	12,9	0,001	0,037	8 діб
Болота	11,5	0,0008	0,033	5 років
Водосховища	6,0	0,0004	0,016	0,5 року
Річки	2,0	0,0002	0,006	16 діб

В басейнах річок України розташовано понад 10тис. водозаборів. Забір води з р. Дніпро складає 23,1 км³, або 63,4 %. В басейні Дніпра використовується 20,3 км³ (64 %) водних ресурсів маловодного року, в тому числі безвозвратно 12,2 км³ (74 %), а скид стічної води складає 10,8 км³ (57 %). Витрати свіжої води в Україні на одиницю виробленої продукції значно перевищують такі показники у розвинутих країнах Європи: Франції - в 2,5 рази, ФРН - в 4,3, Великобританії та Швеції - в 4,2 рази.

Сучасні міста теж слід віднести до одних із основних водокористувачів та одночасно забруднювачів природних водоймищ завдяки скиду відпрацьованих забруднених стоків і безповоротними витратами води.

Часто, неможливо задовольнити потреби за рахунок місцевих водних ресурсів, що приводить до необхідності вирішувати проблему за допомогою перерозподілу водних ресурсів між регіонами. Так наприклад для водозабезпечення міст Донбасу і Кривбасу, Харкова, Кіровограда, Умані, Чернівців, Сімферополя, Севастополя та інших побудовано вісім великих каналів (загальною довжиною 1190 км) і десять водоводів (1091 км) загальною пропускною спроможністю 22 км³/рік. За обсягом водних ресурсів, що залучаються до водопостачання міські населені пункти поділяються: в 1219 містах і смт (90 %) використовується до 5 млн. м³ води на рік, в 28 містах - 6-10 млн. м³, в 26 містах - 11-20 млн.м³, в 39 містах - 21-50 млн. м³, в 16 містах - 51-100 млн. м³, в 24 містах понад 100 млн. м³ на рік. В останню групу міст : Дніпропетровськ Енергодар і Українку припадає 28 %, понад 300 млн.м³ використовується в містах Ладижин, Дніпродзержинськ, Кривий Ріг, Запоріжжя, Харків.

Таблиця 1.5. Структура промислового виробництва і водоемкість продукції в Україні

Галузь	Структура промислової продукції,%	Водоемкість продукції, м ³ /грн.		Дольова водомісткості
		млн.,м ³	% до загального обсягу	
Вся промисловість	100	8834	100	0,12
Електроенергетика	12,7	5910	67	0,64
Чорна металургія	21,9	1089	12	0,07
Кольорова металургія	1,5	63	0,7	0,06
Хімічна і нафтохімічна	7,6	408	4,6	0,07
Машинобудування	14,7	320	3,6	0,03
Лісова, целюлозно-паперова	2,1	66	0,7	0,04
Будівельних матеріалів	3,2	100	1,1	0,04
Легка	2,1	39	0,4	0,02
Харчова	16,1	377	4,3	0,03
Інші	18,1	462	5.6	0,03



Розподіл водокористування згідно з класифікацією міських населених пунктів за чисельністю населення наведений у таблиці 1.5. З таблиці видно що найбільші обсяги води використовуються в малих та середніх містах (до 29 % використаної води, в тому числі 47 % у виробничому секторі).

Розрахунковий водовідбір визначається для кожного учасника ВГК за добовим водоспоживанням:

- для населення
$$Q_H = \frac{q_0 \cdot N_H \cdot K_{\text{доб.макс.}}}{1000} \text{ м}^3/\text{добу} \quad (1.20)$$

де q_0 - норма водоспоживання на 1 людину, л/добу для населеного пункту;

N_H - кількість жителів в даному населеному пункті;

$K_{\text{доб.макс.}}$ - коефіцієнт нерівномірності водоспоживання.

-для промислових підприємств значення витрат розраховується за формулою:

$$Q_{\text{пмп}} = q_{\text{пмп}} \cdot N_{\text{пмп}} \text{ м}^3/\text{добу} \quad (1.21)$$

де $q_{\text{пмп}}$ - питома витрата для даного виду продукції підприємства;

$N_{\text{пмп}}$ - кількість продукції, яка випускається.

В комунальному господарстві вода використовується як на питні потреби, так і для інших потреб населення, роботи підприємств побутового обслуговування (бані, пральні, їдальні, дитячі садки і т.п), міського транспорту, будівельних організацій, поливу зелених насаджень та на потреби служби пожежної безпеки. Загальна витрата комунального господарства, $\text{м}^3/\text{добу}$, визначається за середньодобовою нормою споживання для різних категорій споживачів та коефіцієнту нерівномірності водоспоживання.

$$Q_{\text{К.П.}} = \frac{q_{\text{К.П.}}^i \cdot N_{\text{К.П.}}^i \cdot K_{\text{доб.макс.}}^i}{T_{\text{К.П.}}^i}; \quad (1.22)$$

де $q_{\text{К.П.}}^i$ - норма споживання даної категорії комунального підприємства;

$N_{\text{К.П.}}^i$ - кількість одиниць даного водоспоживання;

$K_{\text{доб.макс.}}^i$ - коефіцієнт нерівномірності роботи даного водоспоживача;



Учасником водогосподарського комплексу є сільське господарство, яке в значній мірі визначає перспективу використання водних ресурсів, так як має значно високі вимоги за кількістю води порівняно з іншими водоспоживачами. Особливо великі втрати вимагає зрошення.

Зрошувальна площа ,га, при зрошенні з водосховищ визначається як:

$$F = \frac{W_{сер} \cdot \eta}{M_{сер.зав.}}, \quad (1.23)$$

де $W_{сер}$ - об'єм води, який може бути забраний з джерела для зрошення, $м^3$;

η - ККД зрошувальної системи;

$M_{сер.зав.}$ - середня зрошувальна норма, $м^3/га$;

Якщо зрошення планується з річки, то розмір зрошувальної площі , га, буде визначатись:

$$F = \frac{1000 \cdot Q_{сер} \cdot \eta}{q}, \quad (1.24)$$

де $Q_{сер} = Q^{min} - Q_{інш} + Q_{екол} \quad м^3/с, \quad (1.25)$

$Q_{min} = 90..95\%$ витрата річки 95 % забезпеченості;

$Q_{інш}$ - витрата, яка забирається на потреби інших господарств, $м^3/с$;

$Q_{екол}$ - необхідна мінімальна витрата річки з екологічних умов $м^3/с$;

η - ККД зрошувальної системи; q - гідромодуль $л/с \cdot га$;

Для кінцевого вирішення площі зрошення та необхідності регулювання стоку річки порівнюється гідрограф стоку річки з необхідною кількістю води, що використовується на зрошення.

Рибне господарство, як галузь народного господарства безпосередньо пов'язана з водними ресурсами. Водогосподарські водойми об'єднуються в рибпромислові басейни в залежності від кормової бази та специфіки гідрологічного режиму. Для рибного господарства важливим є підтримка певних рівнів води в ставках та каналах, що їх з'єднують. Відмітка рівнів води в каналах (чи

трубопроводах) повинна бути вище відмітки горизонту води в ставках. Вимоги до ставів обумовлюються тими процесами, які відбуваються в них. Приблизна глибина води приймається від 0,15 до 1,5 м. Зимові пруди мають глибину до 2,5м. Оскільки рибне господарство працює влітку і взимку, то самопливна подача води забезпечується на протязі всіх періодів року. Для визначення відмітки горизонту води в водосховищі необхідно знати різницю відміток води в водосховищі і в літніх ставках (z_1) та різницю води в водосховищі і в зимових ставках (z_2).

$$z_1 = h_1 + h_2 + i\ell + h_3, \text{ м} \quad (1.26)$$

де $h_1 = 0,2\text{м}$ - відстань від дна лотка каналу, який подає воду у найвіддаленіший став;

$h_2 = 0,6\text{м}$ - глибина води в кана

$i\ell$ - падіння дна каналу;

$h_3 = 0,1\text{м}$ - втрати напору в головному каналі.

$$z_2 = h'_1 + h'_2 + i\ell + h_3, \text{ м} \quad (1.27)$$

$h'_1 = 0,4\text{м}$ - перепад на кінці вод опадаючої системи;

$h'_2 = 0,2..0,4\text{м}$ - глибина води в каналі біля зимових ставків.

Водний транспорт відноситься до водокористувачів, які використовують воду в самому руслі і вимоги полягають в забезпеченні швидкості течії, коливанні рівнів води у прибережних споруд, а також забезпеченні судноплавних глибин. Потреба в воді при шлюзуванні складається з витрати води на шлюзування, втрат на фільтрацію і випаровування. Витрата води визначається об'ємом та кількістю витрачених зливних призм за навігаційний період.

Об'єм зливної призми шлюзу:

$$V_{зл.п} = 1,15 \dots 1,12 \cdot L_{ш} B_{ш} H_{ш}, \text{ м}^3 \quad (1.28)$$

Добовий об'єм на шлюзування, м^3 :

$$V_{доб} = V_{зл.п} (P_{П} - 0,5 P_{з}), \text{ м}^3 \quad (1.30)$$

де $P_{П}$ – повна кількість шлюзувань за добу;

$P_{з}$ – кількість зустрічних шлюзувань, яка може бути прийнята $0,5 P_{П}$. Тоді за навігаційний період об'єм використаної води, м^3 , становить:

$$V_{нав} = \frac{V_{доб} (T_{нав} - T_{пов})}{\varphi}, \quad (1.31)$$



де $T_{нав}$ – термін навігаційного періоду, діб;

$T_{пов}$ – термін повені, діб;

φ – коефіцієнт нерівномірності шлюзувань.

При створенні водогосподарського комплексу виникає необхідність об'єднання різних категорій водоспоживачів та водокористувачів, кожен з яких вимагає певних умов існування і впливає на стік заданого басейну чи району. В будь-якому випадку при використанні водних ресурсів існує величина незворотнього водоспоживання учасників басейну. Визначається ця величина за формулою:

$$Q_{нев} = Q_{дж} - Q_{ст} \quad (1.32)$$

де $Q_{нев}$ – незворотнє водоспоживання, $\text{м}^3/\text{рік}$;

$Q_{дж}$ – водозабір свіжої води з водного джерела, $\text{м}^3/\text{рік}$ (корисне водоспоживання);

$Q_{ст}$ – загальна кількість стічних вод, що випускаються у водойму, $\text{м}^3/\text{рік}$

Водні ресурси України інтенсивно використовуються, що приводить до змін природних гідрологічних режимів водних джерел. Водоспоживання зростає. Об'єми забору води з поверхневих джерел дорівнюють приблизно $30,4 \text{ км}^3/\text{рік}$, а з підземних джерел $5,8 \text{ км}^3/\text{рік}$.

Сумарний водозабір по відношенню до відновлювальних водних ресурсів місцевого та сумарного стоку України – відповідно 69,1 та 17,2%.

Підземні води мають важливу роль в водогосподарському балансі країни. Вони забезпечують водою населення міст та селищ Луганської, Волинської, Закарпатської, Житомирської, Рівненської, Полтавської, Сумської, Тернопільської, Хмельницької, Чернівецької та Кіровоградської областей, де використання підземної води сягає 50...85%. На споживанні підземних джерел базується також сільське водопостачання.

Найбільш інтенсивно експлуатуються водоносні горизонти в алювіальних, алювіально-флювіогляціальних четвертинних відкладеннях, в неогенових, палеогенових та крейдяних утвореннях. Крім того, у Дніпропетровському, Донецько-Донському артезіанських

басейнах та в Гірському Криму, експлуатується водоносний горизонт юрських відкладень, в Донбасі – кам'яновугільних, на території гідрологічної області Українського щита – водоносний горизонт періоду докембрія [9].

Витрата запасів підземних джерел зростає в середньому на 300 тис.м³/добу щорічно. Загальний відбір підземної води досягає 28% (табл.1.6) прогнозних експлуатаційних ресурсів. З них в народному господарстві використовується лише 21% (резерв складає 72%).

Для добування підземної води споруджено більше 110 тис. свердловин. Частина з них (449свердловин) об'єднані груповими водозаборами. Відбір ґрунтової води ведеться шахтними колодзями (1,9 млн), які функціонують в основному в сільській місцевості. Експлуатується понад 2 тис. джерел, які для водопостачання окремих районів (Гірський Крим) мають велике значення.

Велика необхідність в воді, тобто велике водоспоживання свідчить про зростання розвитку народного господарства. Але джерела не можуть бути знищені зростанням витрат води на водоспоживання.

Існує багато напрямків зменшення водоспоживання за рахунок:

- введення нових систем зворотнього водопостачання;
- заміна водяного охолодження технологічного обладнання повітряним та впровадження безстічних систем водопостачання;
- наукове обґрунтування та впровадження оновлених норм водоспоживання;
- вдосконалення технологічних схем водопостачання та водоподачі;
- впровадження економічних напрямків збереження запасів водних ресурсів;
- охорона водних ресурсів від виснаження.



**Таблиця 1.6. Сучасне використання підземних вод
по адміністративних областях України**

Область (регіон)	Прогнозні ресурси, прийняті за станом на 01.01.84р., тис.м³/добу	Затверджені експлуатаційні запаси, тис.м³/добу	Відбір підземних вод, врахованих прогнозними ресурсами					Неврахованих прогнозними ресурсами		
			всього на 01.01. .92р.	у тому числі				всього	у тому числі	
				водозаборами із затвердженими запасами	водозаборами з незатвердженими запасами	шахтно го (рудникового, з кар'єрів) водовідливу	Дренажно-го водо-відливу на ділянках підтоплення та зрошення		шахтного (рудникового, з кар'єрів) водовідливу	дренажного водовідливу на ділянках підтоплення та зрошення
А.Крим	1281	1153	758	561	197	-	-	-	-	-
Вінницька	885	131	319	30	288	1	-	-	-	-
Волинська	2856	340	325	155	170	-	-	-	-	-
Дніпропет	1025	693	221	61	160	-	-	62	53	9
Лонепська	1803	1054	506	286	220	-	-	143	143	-
Житомирська	626	206	260	37	221	2	-	-	-	-
Закарпатська	1082	339	230	51	179	-	-	1	1	-
Запорізька	1283	313	391	92	294	5	-	6	6	-
Івано-Франківська	754	271	205	40	165	-	-	-	-	-
Київська	4186	1938	864	549	315	-	-	-	-	-
Кіровоградська	402	219	225	62	155	8	-	-	-	-
Луганська	2812	1791	1557	109	461	-	-	79	79	-
Львівська	3644	1323	1021	627	325	69	-	-	-	-
Миколаївська	442	79	237	26	211	-	-	-	-	-
Одеська	737	341	414	109	305	-	-	-	-	-
Полтавська	4046	799	427	221	206	-	-	57	57	-
Рівненська	3602	452	327	162	159	6	-	-	-	-
Сумська	3432	578	441	236	205	-	-	-	-	-
Тернопільська	2193	263	269	108	161	-	-	-	-	-
Харківська	3868	1032	502	256	246	-	-	-	-	-
Херсонська	4055	923	1132	332	560	-	240	159	-	159
Хмельницька	1964	436	374	181	191	2	-	-	-	-
Черкаська	1806	291	330	50	278	2	-	-	-	-
Чернівецька	405	171	102	38	64	-	-	-	-	-
Чернігівська	8327	515	395	158	237	-	-	-	-	-
Всього	57246	15651	11832	5524	5973	95	240	507	339	168



1.5. Якісний аналіз джерел водопостачання

По хімічному складу води поверхневих джерел України відрізняються різноманітністю, що обумовлено особливостями фізико-географічних умов формування річкового стоку. Зміна якості води відбувається навіть по сезонам року і контролюється мережею пунктів спостережень, яка входить в систему моніторингу.

Головною особливістю територіального розподілу показників соляового складу є чітка гідрохімічна зональність із північного заходу на південний схід. Ця зональність не залежить від напрямку течії річок і добре узгоджується з фізико-географічними зонами. Середня річна мінералізація річкової води у напрямку з північного заходу на південний схід зростає від 0,2...0,3 г/дм³ на Поліссі до 3 г/дм³ і більше в Приазов'ї. Концентрація сульфатного іона збільшується від зони мішаних лісів (20...35 мг/дм³) і лісостепу (25...75 мг/дм³) до степової зони (40...1500 мг/дм³). Концентрація хлоридного іона в зоні мішаних лісів коливається в межах 9...26 мг/дм³, у лісостепу та степу – відповідно 20...35 і 145...400 мг/дм³. На більшості створів спостережень стан якості за сольовим складом добрий чи задовільний. Незначна кількість пунктів спостережень має стан якості води погіршений і поганий. Це, зокрема, регіони, які перебувають під впливом скиду шахтних та високо мінералізованих промислових стічних вод (праві притоки Сіверського Донця, річки Салгир, Тисмениця, Гнилоп'ять), та річки аридної зони (Приазов'я). За останні роки дуже змінилися межі рівнів мінералізації і соляового фону за рахунок збільшення концентрації хлоридів (засолення) та сульфатів (підкислення поверхневих вод). Останнє є наслідком порушення водного режиму ґрунтів у зоні водних меліорацій земель, а також прямого скиду стічних вод з територій житлово-комунальних комплексів.

Щодо окремих річок України, то вода Дніпра виділяється наявністю гідрокарбонатів (HCO_3^- – 60...90%) та іонів Ca^{2+} до 60...80 %. Мінералізація води у Дніпрі (найменша) 127...162 мг/л, загальна жорсткість 1,6...2,0 мг-екв/л. Літом кількість розчинних солей збільшується до 335...374 мг/л, загальна жорсткість води складає 3,6 мг-екв/л. Крім цього для води Дніпра характерні підвищені концентрації органічних та біогенних речовин, особливо влітку.



Для річки Дністер теж характерним є підвищена наявність біогенних елементів. Мінералізація р. Дністер коливається від 183 до 799 мг/л, загальна жорсткість 1,7...8 мг-екв/л. Іонів кальцію в воді до 30...61%. Вода річки Дністер має збільшений вміст хлоридних іонів (21 – 46%), що свідчить про інтенсивний процес засолення річки.

Вода річки Сіверський Донець має гідрокарбонатний характер на протязі року (40 – 41%) при вмісті іонів Ca^{2+} (28...43%). Мінімальна мінералізація води 593 мг/л і загальна жорсткість 8 мг-екв/л. В період межені хімічний склад води може змінюватися з гідрокарбонатного на сульфатно-хлоридний за рахунок зменшення іонів Ca^{2+} і збільшення іонів $Na^{+}+K^{+}$.

Південний Буг має мінералізацію води 327...411 і навіть 497...701 мг/л при збільшеному вмісті іонів HCO_3^{-} – 74...82% і Ca^{2+} (53...67%). Загальна жорсткість змінюється на протязі року від 3,7...4,0 до 5,8...7,3 мг-екв/л.

Хімічна характеристика води великих річок України наведена в таблиці (додаток 1).

Таким чином забезпечення водою населення України в повному обсязі ускладнюється ще через незадовільну якість води водних об'єктів. Якість води більшості з них за станом хімічного і бактеріального забруднення класифікується як забруднена і брудна (IV - V клас якості). Найгостріший екологічний стан спостерігається в басейнах річок Дніпра, Сіверського Дінця, річках Приазов'я, окремих притоках Дністра, Західного Бугу, де якість води класифікується як дуже брудна (VI клас). Для екосистем більшості водних об'єктів України властиві елементи екологічного та метаболічного регресу. Основними забруднювачами є промисловість, господарсько-комунальний сектор, сільське господарство, енергетика.

Дніпро являє собою третю на європейському континенті річку після Дунаю і Волги за площею басейну (509 тис. км²) і четверту за довжиною (2200 км). У верхній течії Дніпро перетинає територію Росії і Білорусі, що відповідає 19 і 23 відсоткам площі його басейну. По Україні Дніпро тече у середній і нижній течії з площею басейну 291,4 тис. км² (рис.1.9). Водні ресурси басейну Дніпра являють собою біля 80 відсотків усіх водних ресурсів України. Середній багаторічний об'єм стоку Дніпра у гирлі складає 53 км³ у рік. У маловодні роки стік Дніпра зменшується до 43,5 км³, а в надто маловодні (95 відсотків забезпеченості) – до 30 км³. З середньорічних обсягів стоку Дніпра 32 відсотки формується на території Росії, біля 31 – на території

Білорусії. Стік, що формується на території України, в середньому по водності року складає $19,7 \text{ км}^3$, а в розрахунковий маловодний рік може зменшитися до 12 км^3 . Прогнозні ресурси підземних вод у басейні Дніпра в межах України складають $12,8 \text{ км}^3$, $4,7 \text{ км}^3$ з яких гідравлічно не пов'язані з поверхневими водами. Обсяг розвіданих запасів підземних вод складає $2,6 \text{ км}^3$ в рік. Нерівномірність розподілу знижує можливість їх використання до $1,2 \text{ км}^3$.

Велике значення у системі водопостачання мають також водосховища та ставки на притоках Дніпра. У басейні Дніпра розташовані 15380 приток різного порядку, загальна довжина яких - 67156 км, збудовано 504 водосховища загальною площею водного дзеркала 767 км^2 і об'ємом $2,2 \text{ км}^3$, на малих річках - 12570 ставків сумарною площею 1086 км^2 і об'ємом $1,54 \text{ км}^3$.

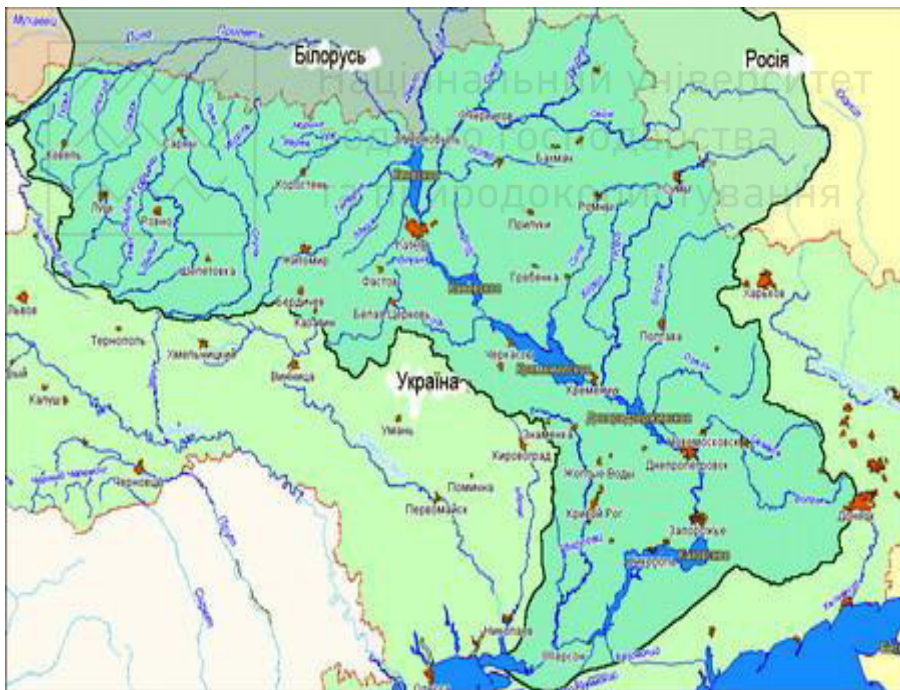


Рис.1.9. Українська частина Дніпра



На Дніпрі створено каскад з шести водосховищ загальною площею 6950 км² і повним об'ємом води, що акумулюється 43,8 км³. Будівництво водосховищ порушило екологічну рівновагу річки, корінним чином змінило умови водообміну. Він став повільнішим, порівняно з природними умовами, у 14-30 разів. Дніпро забезпечує водою водоспоживачів не тільки у межах свого басейну. Він є головним, а у деяких випадках і єдиним джерелом водопостачання крупних промислових центрів півдня і південного сходу України. Каналами Дніпро-Донбас, Північно-Кримським і Каховським щорічно перекидається 5-6 км³ стоку за межі басейну. В цілому Дніпро забезпечує водою 2/3 території України, а це – біля 30 млн. людей, 50 крупних міст і промислових центрів, біля 10 тис. підприємств, 2,2 тис. сільських і комунальних підприємств, 50 великих зрошувальних систем і 4 атомних електростанцій.

За даною державною статистичною звітністю про використання вод у 1995 році у басейні Дніпра зібрано 14,6 км³ поверхневих і підземних вод. З них на господарсько-побутові потреби використано 2,2 км³, на виробничі -6,5 км³, на зрошення-2,7 км³, на сільськогосподарське водопостачання -0,6 км³.

1.6. Комплексна оцінка стану джерел водопостачання

Останнім часом багато досліджень проводять по розробці комбінованої системи обмеження скидів, яка б враховувала технічні та економічні можливості по переобладнанню, а також диференційованих (з врахуванням фактора часу) вимог до якості води водних об'єктів, які відображають стан рівноваги водних екосистем під впливом антропогенних факторів.

Такими системами є принцип групової оцінки якості водойм, по якому всі водойми ділять на 5...6 категорій в залежності від вимог водоспоживачів або водокористувачів. Інші варіанти передбачають визначення стану водойм по узагальненим показникам: загальносанітарним, органолептичним, токсичним, санітарно мікробіологічним. По кожній групі може бути визначений критичний лімітуючий показник. Існує варіант диференційованої оцінки якості води по показникам на основі експертних оцінок прийнятих по п'ятибальній шкалі.

Вдалим є варіант комплексної оцінки якості поверхневої води для якої запропоновано графічний метод. Цей метод враховує найбільш

характерні лімітуючі елементи і дає безрозмірну числову величину, яка характеризує екологічний стан басейну.

Метод полягає в тому, що складається модель-карта якості поверхневих вод, що являє собою кругову діафрагму з шкалами-радіусами (рис. 1.10). Ціна поділки шкал відповідає максимальному значенню лімітуючого показника якості води (ЛПЯ). Кількість радіусів дорівнює кількості гідрохімічних характеристик, що визначаються.

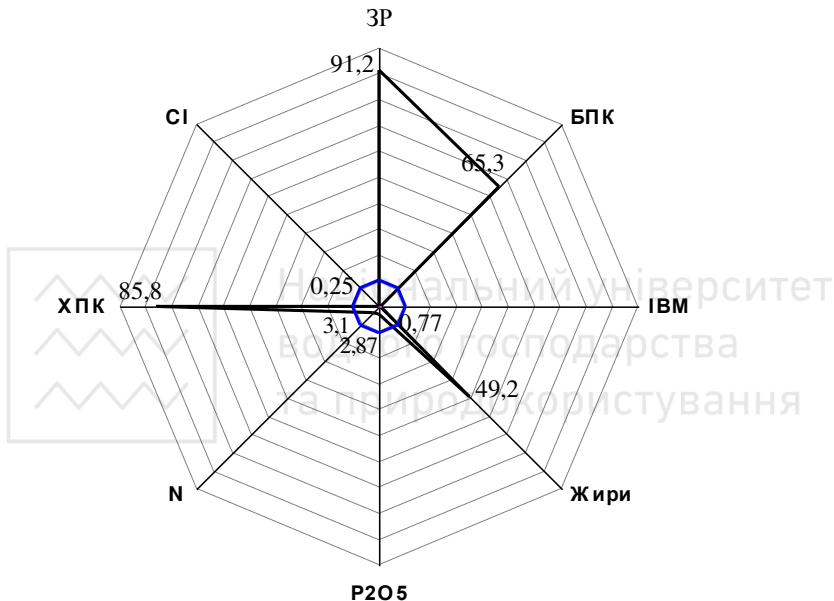


Рис.1.10. Діаграма комплексної оцінки стану водного джерела

На прикладі (рис.1.10) прийнято 8 шкал-радіусів. Серед них ті, що визначають вміст органічної речовини – хімічне споживання кисню за перманганатною окислюваністю; біохімічне споживання кисню за 5 діб; вміст біогенних компонентів – азотної групи та фосфатів, газовий режим – насичення розчинним киснем в відсотках та завислі речовини.

За екологічний норматив прийняті характеристики для чистих річок за санітарно-екологічними нормативами, що відображено центральним заштрихованим колом. Фактичне нанесення стану річки

на діаграму показує напрямки змін гідрохімічних характеристик, по яким можна судити про можливі джерела забруднення, а відношення площі діаграми фактичного забруднення до площі заштрихованого круга (що відображає оптимальні значення нормованих характеристик) дасть сумарний екологічний коефіцієнт якості води у даному створі спостережень $K_{\text{еколо}}$.

За лімітуючи характеристики приймають ті, що відповідають даним умовам водокористування: санітарно-гігієнічним, санітарно-екологічним, рибогосподарським, меліоративно-зрошувальним тощо.

Інтегральна і комплексна оцінка якості води

Кожен із показників якості води окремо, хоча і несе інформацію про якість води, все ж не може бути мірою якості води, тобто не дозволяє судити про значення інших показників, хоча інколи непрямо буває пов'язаний з деякими з них. Наприклад, збільшене, порівняно з нормою, значення БСК₅ непрямо свідчить про підвищений вміст у воді легкоокислювальних органічних речовин; збільшене значення електропровідності – про підвищений солевміст і ін. Разом з тим, результатом оцінки якості води повинні бути деякі інтегральні показники, які б охоплювали основні показники якості води (або ті із них, по яким зафіксований незадовільний стан). В найпростішому випадку, при наявності результатів по декількох оцінювальних показниках, може бути розрахована сума зведених концентрацій компонентів, тобто відношення їхніх фактичних концентрацій до ГДК по правилу сумування. Критерієм якості води при використанні правил сумування є виконання нерівності:

$$\sum C_{fi} / \text{ГДК}_i \leq 1 \quad (1.33)$$

де C_{fi} – фактична концентрація в воді і ГДК i -го компонента.

Варто відмітити, що сума зведених концентрацій відповідно ГОСТ може розраховуватися тільки для хімічних речовин з однаковими лімітуючими ознаками шкідливості – органолептичні і санітарно-токсикологічні.

При наявності результатів аналізів по достатній кількості показників можна визначити класи якості води, які являються інтегральною характеристикою забрудненості поверхових вод. Класи якості визначаються по індексу забрудненості води (ІЗВ), який

розраховується як сума зведених і ГДК фактичних значень 6 основних показників якості води.

Класи якості води і відповідні їм показники стану водойми приведені в таблиці 1.7.

Таблиця.1.7.Класи якості води і відповідні їм показники стану водойми

КСК	Стан води	Азот амонійний, мг/л	Азот нітратний, мг/л	Фосфати, мг/л	Кисень (% від насичен.)	БСК, мг/л	Coli-індекс (колоній на мл)
1-2	чиста	<0.4	<0.3	<0.05	90-100	0-3	менше 50
3	Помірно забруднена	0,4-0,8	0,3-0,5	0,05-0,07	80-90	3-5	50-100
4	Забруднена	0,8-1,5	0,5-1,0	0,07-0,1	50-80	5-7	100-1000
5-6	брудна	1,5-5,0	1,0-8,0	0,1-0,3	5-50	7-10	1000-20000

БСК – біохімічна спроможність кисню. Цей показник якості показує на сумарний вміст в воді органічних речовин, які можуть бути окислені в процесі життєдіяльності мікроорганізмів. БСК₅ визначають вимірюванням кількості кисню (мг/л), використаного на біохімічне окислення цих речовин за 5 діб. В брудній воді органічних речовин може бути більше, ніж в чистій, відповідно, більше кисню необхідно на їх окислення. Тому, чим більша забрудненість води і водойми, тим вище значення БСК.

Coli-індекс (колі-індекс) - найбільш поширений показник бактеріального забруднення води, показує наявність в ній кишкових паличок. В нашому випадку вимірюється кількістю колоній бактерій в 1 мл досліджуваної води. Деякі види кишкової палички викликають серйозні інфекції, тому чим вищий коли-індекс, тим більш забрудненою є вода і менш придатною для використання людиною.

Значення ІЗВ (індекс забрудненості води) розраховують для кожного пункту відбору (створу). Далі по таблиці 1.8, в залежності від значення ІЗВ, визначають клас якості води.



В число 6 основних, так названих „лімітуючих” показників, при розрахунку ІЗВ входять, в обов’язковому порядку, концентрації розчиненого кисню і значення БСК₅, а також значення ще 4 показників, які є для даної водойми (води) несприятливими, або які мають найбільші зведені концентрації (відношення C_i/GDK_i).

Такими показниками, по досвіду гідрохімічного моніторингу водойм, нерідко бувають нітрати, нітроти, амонійний азот (в формі органічних і неорганічних сполук), важкі метали (мідь, марганець, кадмій і ін.), феноли, пестициди, нафтопродукти, СПАР. Для розрахунку ІЗВ показники вибирають незалежно від лімітуючої ознаки шкідливості (як правило, такі речовини володіють відносно більшою токсичністю).

Таблиця 1.8. Характеристика інтегральної оцінки якості води

ІЗВ	Клас якості води	Оцінка якості (характеристика) води
Менше і рівно 0,2	I	Дуже чисті
Більше 0,2 до 1	II	Чисті
Більше 1 до 2	III	Помірно забруднені
Більше 2 до 4	IV	Забруднені
Більше 4 до 6	V	Брудні
Більше 6 до 10	VI	Дуже брудні
Більше 10	VII	Надзвичайно брудні

Очевидно, не всі із перерахованих показників якості води можуть бути визначені в навчальних закладах. Задачі інтегральної оцінки ускладнюються ще тією обставиною, що для отримання даних при розрахунку ІЗВ необхідно проводити аналіз по широкому колу показників, з виділенням із їх числа тих, по яким спостерігаються най-більші зведені концентрації. При неможливості проведення гідрохімічного обстеження водойми по всім показникам, що нас цікавлять доцільно визначити, які ж речовини можуть бути забруднювачами води. Це роблять на основі аналізу доступних результатів гідрохімічних дослідів минулих літ, а також відомостей і пропозицій про ймовірні джерела забруднення води. При неможливості виконання аналізів по даному компоненту польовими методами (СПАР, пестициди, феноли і ін.), варто провести відбір проб і їх консервацію з дотриманням необхідних умов, після чого доставити проби в необхідний термін для аналізу в лабораторію. Таким чином, задачі



інтегральної оцінки якості води практично співпадають з задачами гідрохімічного моніторингу, тобто для кінцевого висновку про клас якості води необхідні результати аналізів по цілому ряду показників протягом тривалого періоду. До недоліків наведеного способу інтегральної оцінки якості води, не дивлячись на її широке поширення на практиці, можна віднести наступне.

По–перше, врахування ізольованої дії окремих хімічних речовин або їх груп недостатні для оцінки фактичної екологічної ситуації в водоймі або чистоти питної води.

По–друге, багато забруднюючих речовин, що не увійшли в групу з 6-ти лімітуючих показників, випадають із уваги дослідників. В їх числі можуть бути і ті показники, по яким є перевищення ГДК, а також і ті, по яким ГДК не перевищене.

По–третє, в результаті взаємодії багатьох хімічних компонентів в воді, навіть при їх малих концентраціях, можуть утворюватись сполуки, значно більш токсичні, ніж вихідні. Крім того, спільна наявність в воді декількох токсичних речовин, приведе до збільшення їх токсичності (явище синергізму).

По–четверте, (і це може бути самим суттєвим недоліком приведеного методу інтегральної оцінки якості води), визначення ІЗВ передбачає контроль тільки по гідрохімічним показникам, при цьому із поля зору дослідників вислизують мікробіологічні показники, які мають часто визначальне значення при оцінці придатності води для потреб харчового і побутового використання.

Вказані недоліки інтегральної оцінки якості води зводяться до мінімуму при включенні в «арсенал» методів моніторингу: гідробіологічних методів, наприклад, метод біоіндексації по Вудвісу, методів біотестування. Разом з тим, як вже відзначалось, інтегральна оцінка якості води методом розрахунку ІЗВ практично скрізь використовується як спеціалістами, так і тими, що навчаються, а її результати, як правило, добре узгоджуються з результатами гідробіологічних спостережень. Цікавим є підхід до інтегральної оцінки якості води, розроблений в США. В 1970р. національний Санітарний Фонд цієї країни, розробив стандартний загально-прийнятий показник якості води (ПЯВ), який отримав широке поширення в Америці і деяких інших країнах [33]. При розробці ПЯВ використовувались експертні оцінки на основі великого досвіду оцінки якості води при її використанні для цілей побутового і промислового водопостачання, відпочинку на воді (плавання і водних

розваг, риболовлі), охорони водних тварин і риб, сільсько-господарського використання (водопою, зрошення), комерційного використання (судноплавства, гідроенергетики, теплоенергетики) і ін. ПЯВ є безрозмірною величиною, яка може приймати значення від 0 до 100 в залежності від значення ПЯВ можливі наступні оцінки якості води: 100-90 – відмінні; 90-70 – добрі; 70-50 – задовільні; 50-25 – погані; 25-0 – дуже погані. Встановлено, що мінімальне значення ПЯВ, при якому задовольняється більшість державних стандартів якості води, складає 50-58, однак вода в водоймі може мати значення ПЯВ більше вказаного, і в той же час не відповідати стандартам по яким-небудь показникам.

ПЯВ розраховується за результатами визначення 9 найважливіших характеристик води – окремих показників, причому кожен із них має особистий ваговий коефіцієнт, що характеризує пріоритетність даного показника в оцінці якості води. Окремі показники якості води, що використовуються при розрахунку ПЯВ, і їх вагові коефіцієнти наведені в таблиці 1.9.

Таблиця 1.9. Вагові коефіцієнти показників при розрахунку ПЯВ за даними Національного Санітарного Фонду США.

Найменування показника	Значення вагового коефіцієнта
Розчинений кисень	0,17
Кількість кишкових паличок	0,16
Водневий показник	0,11
Біохімічна потреба кисню (БПК ₅)	0,11
Температура (Δt , теплове забруднення)	0,1
Загальний фосфор	0,1
Нітрати	0,1
Каламутність	0,08
Сухий залишок	0,07
Сума	1

Як слідує із приведених в таблиці 1.9 даних, найбільш впливовими показниками є розчинений кисень і кількість кишкових паличок, що взагалі зрозуміло, якщо згадати важливу екологічну роль розчиненого в воді кисню і небезпеку для людини, обумовлену контактом з

забрудненої фекаліями водою. Крім вагових коефіцієнтів, що мають постійне значення, для кожного окремого показника розроблені вагові криві, що характеризують рівень якості води (Q) по кожному показнику в залежності від його фактичного значення, що визначається при аналізі. Маючи результати аналізів по окремим показникам, по ваговим кривим визначають числові значення оцінки для кожного з них. Останні множаться на відповідний ваговий коефіцієнт і отримують оцінку якості води по кожному із показників. Сумуючи оцінки по всіх визначених показниках, отримують значення загального ПЯВ.

Загальний ПЯВ в значній мірі долає недоліки інтегральної оцінки якості води з розрахунком ПЯВ, тобто містить групу конкретних пріоритетних показників, в число яких входить показник мікробного забруднення.

Комплекс показників екологічної класифікації якості поверхневих вод включає загальні і специфічні показники. Загальні показники, до яких належать показники сольового складу і трофо-сапробності вод (еколого-санітарні), характеризують звичайні властиві водним екосистемам інгредієнти, концентрація яких може змінюватись під впливом господарської діяльності. Специфічні показники характеризують вміст у воді забруднюючих речовин токсичної і радіаційної дії. Всі інші класифікації системи екологічної класифікації якості поверхневих вод суші та естуаріїв України побудовані за однаковим принципом: поділяють води на п'ять класів та сім підпорядкованих їм категорій.

Назви, дані класам і категоріям якості вод за їх станом, є такими:

I клас з однією категорією (1) — *відмінні*;

II клас — *добрі*, з двома категоріями: *дуже добрі* (2) і *добрі* (3);

III клас — *задовільні*, з двома категоріями: *задовільні* (4) і *посередні* (5);

IV клас з однією категорією (6) — *погані*;

V клас з однією категорією (7) — *дуже погані*.

Назви, дані класам і категоріям якості вод за ступенем їх чистоти (забрудненості), є такими:

I клас з однією категорією (1) — *дуже чисті*;

II клас — *чисті*, з двома категоріями: *чисті* (2) і *досить чисті* (3);



III клас — **забруднені**, з двома категоріями: **слабко забруднені**(4) і **помірно забруднені** (5);

IV клас з однією категорією (6) — **брудні**;

V клас з однією категорією (7) — **дуже брудні**.

Зазначені класи і категорії якості поверхневих вод, визначені за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями, відповідають певній трофності та сапробності вод (додатки 2 - 4), а саме:

клас I, категорія II — оліготрофні, олігосапробні води;

клас II - мезотрофні води: категорія 2 — мезотрофні,

α - олігосапробні; категорія 3 - мезо-евтрофні, β '-мезосапробні води; клас III — евтрофні води: категорія 4 - евтрофні,

β "-мезосапробні, категорія 5 - ев-політрофні, α '-мезо-сапробні води;

клас IV, категорія 6 - політрофні, α "- мезосапробні води;

клас V, категорія 7 - гіпертрофії, полісапробні води.

1.6.1. Порядок виконання екологічної оцінки якості води та способи подання її результатів

1. Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуаріїв України повинна обов'язково включати всі три блоки показників: блок сольового складу, блок трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників, блок показників вмісту і біологічної дії специфічних речовин. Результати подаються у вигляді єдиної екологічної оцінки, яка ґрунтується на заключних висновках по трьох блоках

2. Екологічна оцінка якості води в певному водному об'єкті може бути орієнтовною і ґрунтовною. Орієнтовна екологічна оцінка є необхідною з розвідувальною (рекогносцирувальною) метою для вироблення попередніх, орієнтовних висновків і рішень. Ґрунтовна узагальнююча оцінка необхідна для переконливих, відповідальних висновків і рішень.

3. Орієнтовна екологічна оцінка виконується на основі разових вимірів окремих показників якості води, котрі найточніше характеризують екологічний стан водного об'єкта (чи його ділянки) і відповідну цьому станові якість води (наприклад, мінералізація, вміст розчиненого кисню, БСК₅ концентрація біогенних елементів, пріоритетних важких металів та органічних забруднюючих , речовин

тощо). Ці разові значення окремих показників якості води представлені в таблицях системи екологічної класифікації (додатки 1-4). На підставі такого зіставлення визначаються категорії і класи якості води за окремими показниками, взятими для разового виміру. Об'єднання результатів разових вимірів для узагальненої оцінки якості води не допускається.

4. Процедура виконання ґрунтовної екологічної оцінки якості поверхневих вод складається з чотирьох послідовних етапів, а саме:

етап групування і обробки вихідних даних;

етап визначення класів і категорій якості води за окремими показниками;

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

етап визначення об'єднаної оцінки якості води (з визначенням класів і категорій) для певного водного об'єкту в цілому чи його окремих ділянок за певний період спостережень.

5. Етап групування і обробки вихідних даних якості води полягає у виконанні певних дій і дотриманні певних умов.

Вихідними даними для екологічної оцінки якості води є, насамперед, зведені і розрізнені результати систематичного контролю за якістю води у водних об'єктах України, котрі зібрані і оброблені мережею пунктів, спостережень і лабораторій систем Мінекобезпеки, Держкомгідромету та Держводгоспу України. До уваги беруться також матеріали систематичних спостережень якості води, одержані науковими установами екологічного профілю.

Вихідні дані з якості води за окремими її показниками групуються у просторі і часі в певному, чіткому порядку: окремо для різних пунктів спостережень, або ж вкупі (з різних пунктів спостережень) для певних ділянок водного об'єкта або ж для водного об'єкта в цілому за певний відрізок часу (місяць, сезон, рік, кілька років підряд тощо).

Вихідні дані якості води за окремими показниками групуються в межах трьох блоків. Згруповані по блоках щодо кожного наявного показника якості води, визначаються середньоарифметичні їх значення, визначаються мінімальні та максимальні (найгірші) значення, котрі всі разом характеризують мінливість величин кожного з показників якості води в реальних умовах виконання і аналізу результатів спостережень.



Серед вихідних даних трапляються поодинокі дані, котрі за своїми експериментальними значеннями виходять за межі окресленого діапазону мінливості величин цієї вибірки досить далеко від максимальних (найгірших) значень. Екстремальні значення окремих показників якості води підлягають спеціальному аналізу, з'ясуванню природних чи антропогенних причин, котрі могли викликати їх появу. Після такого аналізу приймається рішення про використання чи вилучення екстремальних значень певних показників якості води.

При групуванні, обробці і використанні вихідних даних рекомендується, по можливості, використовувати методи математичної статистики для малих і звичайних вибірок.

6. Етап визначення класів і категорій якості води для окремих показників полягає у виконанні таких дій:

середньоарифметичні (середні) значення для кожного показника окремо зіставляються з відповідними категоріями води, представленими в таблицях системи її екологічної класифікації (додатки 1-3);

найгірші значення якості води (максимальні чи мінімальні) серед цих показників кожного блоку також зіставляються з відповідними критеріями якості води;

на основі проведеного зіставлення середньоарифметичних та найгірших значень для кожного показника окремо визначаються категорії якості води за середнім та найгіршим значеннями (найбільшим за номером) для кожного показника окремо;

зіставлення середніх і найгірших значень з критеріями класів і категорій якості води за окремими показниками теж (як і на першому етапі) виконується в межах відповідних блоків.

7. Етап узагальнення оцінок якості води за окремими показниками з визначенням інтегральних значень класів і категорій якості води виконується лише на основі аналізу показників в межах відповідних блоків. Це узагальнення полягає у визначенні середніх і найгірших значень для трьох блокових індексів якості води, а саме: для індексу забруднення компонентами сольового складу (I_1), для трофо-сапробіологічного (еколого-санітарного) індексу (I_2), для індексу специфічних показників токсичної і радіаційної дії (I_3). Таким чином повинно бути визначено шість значень блокових індексів, а саме: $I_{1\text{ сер}}$ та $I_{1\text{ макс}}$; $I_{2\text{ сер}}$ та $I_{2\text{ макс}}$; $I_{3\text{ сер}}$ та $I_{3\text{ макс}}$ (Приклад: $I_{2\text{ сер}} = 5,1$; $I_{2\text{ макс}} = 7$). Маючи значення блокових індексів якості води, легко визначити їх приналежність до певного класу та категорії якості води за допомогою



системи екологічної класифікації (Приклад: $I_{3 \text{ сер}} = 5,1$, належить до класу III, категорії 5; $I_{3 \text{ макс}} = 7$, належить до класу V, категорії 7) (дивись п. 8).

8. Середні значення для трьох блокових індексів якості води (визначаються шляхом обчислення середнього номера категорії за всіма показниками даного блоку; при цьому категорія 1 має номер 1, категорія 2 – номер 2 і т.д.

Середні значення блокових індексів можуть бути дробовими числами. Це дозволяє диференціювати оцінку якості води, зробити її більш точною і гнучкою. Для визначення субкатегорій якості води, відповідних середнім значенням блокових індексів, треба весь діапазон десятинних значень номерів (поміж цілими числами) розбити на окремі частини і позначити їх таким чином:

Середні значення блокових індексів	Позначення відповідних субкатегорій якості води
1,0-1,2	1
1,3-1,4	1(2)
1,5-1,6	1-2
1,7-1,8	2(1)
1,9-2,2	2
2,3-2,4	2(3)
і т.д. для категорій 3 – 7	

Найгірші значення для трьох блокових індексів якості води визначаються за відносно найгіршим показником (з найбільшим номером категорії) серед всіх показників даного блоку.

9. Етап визначення об'єднаної оцінки якості води для певного водного об'єкту в цілому або для окремих його ділянок полягає в обчисленні інтегрального або екологічного індексу (I_E). Використання екологічного індексу якості води доцільно в тих випадках, коли зручніше користуватися однозначною оцінкою: для планування водоохоронної діяльності, опрацювання водоохоронних заходів, здійснення екологічного і еколого-економічного районування, екологічного картографування тощо. Значення екологічного індексу якості води визначається за формулою:

$$I_E = \frac{(I_1 + I_2 + I_3)}{3}; \quad (1.34)$$



де: I_1 - індекс забруднення компонентами сольового складу;

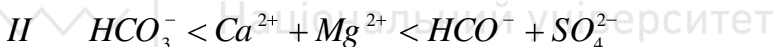
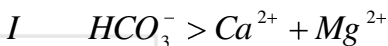
I_2 - індекс трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників;

I_3 - індекс специфічних показників токсичної і радіаційної дії.

Екологічний індекс якості води, як і блокові індекси обчислюється для середніх і для найгірших значень категорій окремо: $I_{E \text{ сер}}$ та $I_{E \text{ Макс}}$. Він може бути дробовим числом.

Визначення субкатегорій якості води на підставі екологічного індексу здійснюється так само, як і для блокових індексів.

10. Сольовий склад поверхневих вод суші та естуаріїв України оцінюється за сумою іонів та окремими інгредієнтами. При групуванні даних у просторі і часі оцінка дається за середніми і максимальними (найгіршими) значеннями показників. Клас води визначається за переважаючими аніонами, групи – за переважаючими катіонами. Типи вод визначаються за співвідношенням між іонами (в еквівалентах):



Для позначення видів природних вод вживаються символи, наприклад, гідро- карбонатний клас, група кальцію, другий — C_{II}^{Ca} сульфатно-хлоридно-кальцієві води другого типу SCI_{II}^{Ca}

Прісні гіпо- і олігогалинні та солонуваті β-мезогалинні води оцінюються також за критеріями їх забруднення компонентами сольового складу, а саме за значенням суми іонів хлоридів і сульфатів.

11. Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуаріїв України за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями (додаток 2) виконується на підставі середніх та найгірших значень кожного з гідрофізичних, гідрохімічних, гідробіологічних, бактеріологічних показників, а також індексів сапробності. В кінцевому підсумку вони відповідають певному ступеню трофності та зоні сапробності вод. Загальна кількість показників цього блоку для забезпечення обґрунтованих висновків не повинна бути меншою, ніж 10.



12. Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуаріїв України за специфічними показниками токсичної та радіаційної дії виконується за кожним показником окремо. Для даних, згрупованих у часі й просторі, оцінка дається за середнім та найгіршим значеннями кожного з показників.

13. Назви класів і категорій якості вод, дані за їх станом та ступенем їх чистоти (забрудненості), а також ступінь трофності і зона сапробності оцінюваних поверхневих вод представлені у додатку 4.

14. Екологічна оцінка є неодмінною умовою екологічного нормування якості поверхневих вод, його попереднім етапом. Тому при виконанні екологічної оцінки треба передбачати зіставлення одержаних результатів із значеннями екологічних нормативів, встановленими для даного водного об'єкта. Це необхідно для аналізу відповідності (чи невідповідності) якості вод значенням усіх тих показників, котрі встановлені у результаті екологічного нормування якості вод для конкретного водного об'єкта.

15. Результати екологічної оцінки якості поверхневих вод суші та естуаріїв подаються у вигляді таблиць, графіків і карт (КНД 211.1.4.010-94). Таблиці можуть складатися як для окремих пунктів спостережень, так і для водного об'єкта в цілому. В таблицях полідовно розміщують значення показників та відповідні їм класи і категорії якості води.

Питання контролю знань по першому розділу.

1. Назвіть основні річкові системи України.
2. Назвіть штучні водойми, їх розподіл по території країни.
3. Наведіть фактори, які впливають на формування ресурсів підземних вод.
4. наведіть розподіл ресурсів підземних вод по областях України.
5. Наведіть характер розподілу опадів по території України.
6. Розрахувати коефіцієнт звивистості річки $K_{зв}$, якщо відомі кількість розхилів вимірювача $N_{вим} = 25$, ціна поділки $C_{вим} = 3.5$ км. межах ділянки басейну розташовано три річки дожиною відповідно 3.5; 5; 8.5 км кожна. Площа водозбору F складає 125 км^2 . Знайти коефіцієнт пустоти річкової мережі.



7. Розрахувати середню багаторічну витрату, якщо площі водозбору складають 150; 250; 75 км²; середні значення модуля стоку M_n відповідно 1.0; 0.8; 1.5 л/с/км².
8. Визначити стік р. Дністер в період року з березня по травень з 5% забезпеченністю. Модуль стоку $M_{\text{сер}} = 4.5$ л/с/км², коефіцієнт варіації $C_v = 0.7$.
9. Середня витрата води в річці $Q_{\text{сер}} = 8.5$ м³/с.
10. Модуль стоку $M_{\text{сер}} = 2.7$ л/с/км², коефіцієнт варіації $C_v = 0.5$. Середня витрата води в річці $Q_{\text{сер}} = 81.5$ м³/с для року $P=75\%$ забезпеченості за вересень.
11. Розрахувати водовідбір для населеного пункту з кількістю жителів 15000 чол, з питомою нормою водоспоживання на 1 людину 180 л/добу; коефіцієнт нерівномірності $K_{\text{доб.макс}} = 1.25$.
12. Надати характеристику водокористувачів, які входять до складу ВГК.
13. Визначити загальну кількість стічних вод, які скидаються у водоймище від водогосподарського комплексу до складу якого входять місто ($Q_{\text{дж}} =$ л\с; $V_{\text{незв.}} = 5.5\%$; с/г $Q_{\text{дж}} = 0.8$ м³/с; $V_{\text{незв.}} = 18\%$; гідровузол $Q_{\text{дж}} = 1.5$ м³/с; $V_{\text{незв.}} = 2\%$), де $Q_{\text{дж}}$ – витрата, яка забирається з джерела, $V_{\text{незв.}}$ – коефіцієнт незворотніх витрат води.
14. Надати перелік основних напрямків зменшення водоспоживання.
15. Надати характеристику індексу забрудненості води (ІЗВ).
16. Надати інтегральну оцінку параметрів якості води.
17. Навести класи якості води.

2. Вплив антропогенних факторів на стан водних ресурсів

2.1. Антропогенне забруднення природних вод України

При використанні водних ресурсів існує необхідність скиду використаної води. Скид забруднюючих речовин приводить до якісного виснаження водних ресурсів. Основними джерелами забруднення водойм є стічні води комунального господарства, промислові, поверхневий стік з території міст, промислових підприємств і сільськогосподарських угідь. На стан водних ресурсів негативно впливають тваринницькі комплекси і підприємства по



переробці продуктів тваринництва. Інтенсифікація сільського виробництва супроводжується швидким зростанням темпів використання мінеральних добрив та хімічних заходів захисту рослин від бур'яну, хвороб, тощо. Внаслідок цього в оточуюче середовище надходить багато хімічних домішок, в тому числі пестицидів та гербицидів, деякі з них є дуже стійкими до впливу зовнішніх факторів і на протязі довгого часу зберігають свої якості.

Особливо негативне те, що забрудненні добривами води з полів неможливо пропустити крізь очисні споруди, а великі площі сільсько-господарських угідь є основними річковими водозборами, з яких вода надходить у водні об'єкти, формуючи їх стік. Таким чином видно що сільське господарство є важливим джерелом забруднення біогенними речовинами, наявність яких інтенсифікує процеси розвитку фітопланктону, стимулює зростання водних мікроорганізмів, викликає заростання водойм, приводить до порушення процесів самоочищення водойм.

Комунальні стічні води міст та населених пунктів дають також велику кількість забруднень. В складі комунальних стоків крім фекальних вод є значна кількість небезпечних з'єднань від використання хімії в побуті та на підприємствах легкої промисловості. В ці води входять мікроорганізми, включно хвороботворні мікроби і віруси, яйця гельмінтів, що робить їх особливо небезпечними для здоров'я людей і тварин. Особливість комунальних стічних вод у нерівномірності їх надходження, що ускладнює роботу міської системи водовідведення.

Населені пункти додатково забруднюють водні об'єкти поверхневим стоком при наявності дощів або таянні снігу із зливом забруднень з покриття вулиць, площ, територій промислових підприємств. Ці води можуть мати різні види нафтопродуктів та інших небезпечних специфічних забруднень.

Значне забруднення надходить з промислових підприємств. Особливо забрудненні води нафтопереробної, хімічної, металургійної, горнодобувної промисловості.

Надмірне забруднення водних ресурсів призвело до прогресуючої евтрофікації та деградації річок і водоймищ України. Особливо відчутне по-гіршення якості в дніпровських водосховищах, які є головним джерелом водопостачання населення, промисловості та сільського господарства України.



Основна причина цього – надходження до водних об'єктів значної кількості фосфору та інших біогенних речовин як з водою приток, так і внаслідок змиву з території міст та сільсько-господарських угідь.

Підвищений вміст органічних речовин спостерігається також у воді таких річок України, як Південний Буг, Сіверський Донець, Західний Буг, Дністер тощо. Концентрація цих речовин у річках та водоймах у багатьох випадках перевищує допустимі рівні у 1,5...2 рази.

У воді Дніпровських водосховищ, більшості їх приток, а також річок Південний та Західний Буг, Сіверський Донець, Казенний Торець та деяких інших регулярно виявляють підвищення допустимих рівнів амонію сольового, фенолів, нафтопродуктів, синтетичних поверхнево-активних речовин, металів.

Особливо складна ситуація із забрудненням води склалася в басейнах Сіверського донця, Інгульця, Інгулу та більшості малих річок. Внаслідок надмірного антропогенного навантаження Сіверський Донець та його притоки забрудненні фенолами, хлоридами, амонієм та солями важких металів. Скид стічних вод міста Кіровограда зумовив забруднення річки Інгул органічними, біогенними та іншими речовинами, що небезпечно для водоспоживачів цього джерела (населених міст, сіл Кіровоградської, Миколаївської областей, зрошення сільськогосподарських угідь).

Таким чином при аналізі можливостей водного джерела необхідно мати аналіз якості і кількості стічної води, яка буде скидатись в це джерело, всіх можливих учасників.

Обсяг промислового, господарсько-побутового та сільськогосподарського водоспоживання і водовідведення зрівнявся, а в деяких районах перевищив річковий стік. Сукупність всіх антропогенних факторів призвела до порушення водних, хімічних і біологічних процесів у ґрунтах, річках та водоймах.

Крім скиду недостатньо очищених та неочищених стічних вод на якість природних вод впливають атмосферні опади. Над Україною переважає західний перенос повітряних мас з Атлантики, які, проходячи над Західною Європою, насичуються викидами промисловості. Таким шляхом Україна одержує приблизно 30-35% техногенного забруднення річкових вод.

Інтенсивне водокористування в Україні досягло рівня, який перевищує екологічну ємність водоресурсного потенціалу країни. Загальний об'єм водозабору вже майже сягає об'єму річкового стоку, що формується в межах України в розрахунковий маловодний рік.

Відомо, що процеси самовідновлення водних екосистем можливі лише при 10% заборі води із джерела, а при перевищенні цього значення можливе глибоке порушення водних екосистем. В басейнах окремих річок (Лугань, Інгул, Кальміус, Салгир та інш.) вода використовується 4-10 разів, а скиди забруднених стічних вод перевищують їх природний скид.

За обсягом повного водоспоживання і використання свіжої води найбільш великим користувачем є промисловість – 44% загального водоспоживання, сільського господарства – 34%, житлово-комунального господарства – 21%. Найбільший відсоток в промисловості належить енергетиці – 71% свіжої води та 66% оборотної, чорна металургія 13 та 19 % відповідно, хімічна і нафто-хімічна – 4 і 7%. В таблиці 2.1. наведена структура промислового виробництва і водоемкість продукції в Україні.

Таблиця 2.1. Розподіл міського водокористування %

Міста і смт, тис. чол	Частка міських поселень за:							
	Кількіс- т ю насе- лен- ня	Об'ємом водокористування			Беззв ротнім и витрат а-ми	Ски дом заб руд- нених стокі в	Обся гом оборот- ного водопо- стачан ня	По туж ністю очис- них спо- руд
		Ра зом	В тому числі					
			Госп- побу- товий	Виробни - чий				
< 50	33	10	13	14	4	17	38	21
51-100	11	19	12	33	6	11	20	12
101-250	11	6	12	8	5	10	12	12
251-500	13	6	16	6	6	14	10	16
501-1000	11	9	16	8	6	24	14	15
>1000	21	15	28	19	8	20	4	23
Разом	100	65	97	88	35	96	98	99

Відпрацьовані стічні води від промислових підприємств у більшості випадків надходять разом із комунальними стічними водами на міські каналізаційні очисні споруди, які не розраховані на очищення промстоків. За даними Держкоммістобудування, на комунальні очисні споруди, що нерозраховані на очищення промстоків за рік надходять понад нормативи 846 т заліза, 65 т міді, 43 т цинку, 27 т нікелю, 12 т хрому, 12 кг ртуті, 42 тис. т нітратів, 1,2 тис. т нафтопродуктів, 178 т жирів. Прикладом такої ситуації була аварія на очисних спорудах Дніпродзержинська 4.03.1996р.

Залповий скид стоків із перевищенням за азотом амонійним в 3 рази, за фосфатами в 1,5 рази, за нафтопродуктами в 17 разів призвів до інтенсивного піноутворення, підйому та виносу активного мулу з системи біологічного очищення, що виключило біологічне очищення міських стоків об'ємом 50 тис. м³ на добу. Для поновлення функціонування очисних споруд знадобилося чотири місяці. Таким чином комунальне господарство стає одним з найактивніших забруднювачів природних вод, скидаючи в них приблизно 370 тис. м³ неочищених та близько 650 тис. м³ недостатньо очищених стоків.

Крім того до основних забруднювачів слід за останній час віднести поверхневий стік із забруднених територій. Рівень забруднення якого значно перевищує господарсько-побутові стічні води особливо навесні (табл.2.2.).

Таблиця 2.2. Порівняльні дані забруднення стічних вод міста

Показники	Зливові стоки, максимальні значення	Міські стоки, граничні значення
Завислі речовини, мг/л	2300	100-350
БСК ₅ , мг/л	234	100-400
Нафтопродукти, мг/л	15	10-30

За даними досліджень УкркомунНДПрогрес на поверхневий стік припадає близько 78% завислих речовин, близько 20% органічних сполук та 68% нафтопродуктів від річної кількості забруднень, що містяться в усіх видах стічних вод з території міста. В умовах, коли понад 60% питної води забирається з поверхневих джерел, а технологічні схеми очисних споруд не відповідають сучасному стану забруднень поверхневого стоку, з одночасним вкрай застарілим та за



амортизованим обладнанням станцій водопідготовки, проблема безпеки питного водопостачання набуває важливого значення.

Джерелами забруднення водних ресурсів є також фільтруючі накопичувачі, звалища промислових відходів. В Україні налічується близько 2741 фільтруючих накопичувачів на які щороку скидається біля 53 тис. т відходів і скидається 2,5 км³ стічних вод. Найбільша їх частина розміщується на території Донецької, Дніпропетровської, Луганської, Полтавської та Сумської областей. Фільтруючі накопичувачі впливають не лише на стан поверхневих але й на стан підземних вод, якість яких внаслідок господарської діяльності також постійно погіршується. Найбільш незадовільний якісний стан підземних вод у Донбасі та Кривбасі. Значну небезпеку в експлуатаційних свердловинах Західної України становить наявність фенолів (до 5 - 10 ГДК), а також підвищення мінералізації та зростання вмісту важких металів у підземних водах Криму.

Не в кращому, а подекуди і в гіршому стані перебувають басейни інших річок України (Сіверського Дінця, Дністра, Західного Бугу, Південного Бугу, басейни річок Приазовської та Причорноморської низовин). Тому мета та стратегічні напрями, визначені Національною програмою для Дніпра, є аналогічними і для інших водних басейнів України.

Системний аналіз сучасного екологічного стану басейнів річок України та організації управління охороною і використанням водних ресурсів дав змогу окреслити коло найбільш актуальних проблем, які потребують розв'язання, а саме: надмірне антропогенне навантаження на водні об'єкти внаслідок екстенсивного способу ведення водного господарства призвело до кризового зменшення самовідтворюючих можливостей річок та виснаження водноресурсного потенціалу; стала тенденція до значного забруднення водних об'єктів внаслідок неупорядкованого відведення стічних вод від населених пунктів, господарських об'єктів і сільськогосподарських угідь; широко-масштабне радіаційне забруднення басейнів багатьох річок внаслідок катастрофи на Чорнобильській АЕС; погіршення якості питної води внаслідок незадовільного екологічного стану джерел питного водопостачання; недосконалість економічного механізму водокористування і реалізації водоохоронних заходів; недостатня ефективність існуючої системи управління охороною та використанням водних ресурсів внаслідок недосконалості нормативно-правової бази і організаційної структури управління; відсутність автоматизованої



постійно діючої системи моніторингу екологічного стану водних басейнів акваторії Чорного та Азовського морів, якості питної води і стічних вод у системах водопостачання і водовідведення населених пунктів і господарських об'єктів.

2.2. Характеристика об'єктів водовипуску

Класифікація водокористувань. Для водокористувань встановлюються наступні ознаки класифікації: мета водокористування; об'єкти водокористування; технічні умови водокористування; умови надання водних об'єктів у користування; характер використання води; спосіб використання водних об'єктів; вплив водокористувань на водні об'єкти.

Мета водокористування передбачає господарсько-питні, комунальні потреби населення, необхідність в лікуванні та оздоровленні, потреби сільського господарства, зрошення і обводнення, промислові потреби, потреби теплоенергетики, територіальний перерозподіл стоку поверхневих вод і поповнення запасів підземних вод, потреби гідроенергетики, потреби водного транспорту і лісосплаву, потреби рибного господарства, скид стічних вод, інші потреби, багатоцільове водокористування.

За об'єктами водокористування води діляться на поверхневі, підземні, внутрішні територіальні, морські.

За технічними умовами водокористування – на загальне і спеціальне.

За умовами надання водних об'єктів у водокористування – на сумісне і уособлене.

За характером використання воду розглядають, як речовину з визначеними властивостями, як масу і енергетичний потенціал і як середовище перебування.

Джерела забруднення водойм. Джерелами забруднення визнаються об'єкти, з яких здійснюється скид чи інше надходження у водні об'єкти шкідливих речовин, які погіршують якість поверхневих вод, що обмежують їх використання, а також негативно впливають на стан дна і берегових водних об'єктів.

Охорона водних об'єктів від забруднення здійснюється засоба регулювання діяльності як стаціонарних, так і інших джерел забруднення.



Забруднення поверхневих і підземних вод можна розподілити на такі типи:

механічне – підвищення вмісту механічних домішок, властиве в основному поверхневим видам забруднень;

хімічне – наявність у воді органічних і неорганічних речовин токсичної і нетоксичної дії;

бактеріальне і біологічне - наявність у воді різноманітних патогенних мікроорганізмів, грибів і дрібних водоростей;

радіоактивне - наявність радіоактивних речовин у поверхневих чи підземних водах;

теплове – випуск у водойми підігрітих вод теплових і атомних ЕС.

Основними джерелами забруднення і засмічення водойм є нечистотньо очищені стічні води промислових і комунальних підприємств, великих тваринницьких комплексів, відходи виробництва при розробці рудних копалин; води шахт, рудників, обробці і сплаві лісоматеріалів; скиди водного і залізничного транспорту; відходи первинної обробки льону, пестициди і т.п.

Стічні води – це води, використані на побутові, виробничі чи інші потреби і забруднені різними домішками, що змінили їх первісний хімічний склад і фізичні властивості, а також води, що стікають з території населених пунктів і промислових підприємств в результаті випадіння атмосферних опадів чи поливки вулиць.

Забруднюючі речовини, потрапляючи в природні водойми, призводять до якісних змін води, які в основному проявляються в зміні фізичних властивостей води, зокрема, поява неприємних запахів, присмаків і т.д.; в зміні хімічного складу води, зокрема, поява в ній шкідливих речовин, в присутності плаваючих речовин на поверхні води і відкладанні їх на дні водойм.

В залежності від походження виду і складу стічні води поділяють на три основні категорії: побутові (від туалетних кімнат, душових, кухонь, лазень, пралень, столових, лікарень; вони надходять від жилих і суспільних будівель, а також від побутових приміщень і промислових підприємств); виробничі (води, використані в технологічних процесах, що не відповідають більше вимогам, які пред'являються до їх якості; до цієї категорії вод відносять води, що відкачують на поверхню землі при добуванні корисних копалин); атмосферні (дощові і талі; разом з атмосферними відводяться води від поливу вулиць, від фонтанів і дренажів).



В практиці використовується також поняття міські стічні води, які являють собою суміш побутових і виробничих стічних вод. Побутові, виробничі і атмосферні стічні води відводяться як сумісно, так і роздільно. Найбільш широке розповсюдження отримали загальносплавні, а також існують роздільні системи водовідведення. При загально сплавній системі всі три категорії стічних вод відводяться по одній загальній мережі труб і каналів за межі міської території на очисні споруди. Роздільні системи складаються з декількох мереж труб і каналів: по одній з них відводяться дощові і незабруднені виробничі стічні води, а по другій чи по декільком мережах - побутові і забруднені виробничі стічні води.

Стічні води являють собою складні гетерогенні суміші, що містять домішки органічного і мінерального походження, які знаходяться у нерозчиненому, колоїдному і розчиненому стані. Ступінь забруднення стічних вод оцінюється концентрацією, тобто масою домішок в одиницю об'єму мг/л чи г/м^3 . Склад стічних вод регулярно аналізується. Проводяться санітарно-хімічні аналізи по визначенню: величини ХСК (загальна концентрація кисню на окислення органічних речовин); БСК (концентрація кисню на окислення органічних з'єднань); концентрація завислих речовин; активної реакції середовища; інтенсивності забарвлення; ступені мінералізації; концентрації біогенних елементів (азоту, фосфору, калію) та ін. Найбільш складні за складом стічні води промислових підприємств. На формування виробничих стічних вод впливає вид сировини, яка перероблюється, технологічний процес виробництва, реагенти, що застосовуються, проміжні вироби і продукти, склад вихідної води, місцеві умови та ін. Для розробки раціональної схеми водовідведення і оцінки можливості повторного використання стічних вод вивчається склад і режим водовідведення не лише загального стоку промислового підприємства, але також стічних вод від окремих цехів і апаратів. Окрім визначення основних санітарно-хімічних показників у виробничих стічних водах визначаються концентрації специфічних компонентів, вміст яких визначається технологічним регламентом виробництва і номенклатурою застосовуючих речовин. Оскільки виробничі стічні води являють собою найбільшу небезпеку для водойм, розглянемо їх більш докладно.

Виробничі стічні води діляться на дві основні категорії: забруднені і незабруднені (умовно чисті). Забруднені виробничі стічні води підрозділяються на три групи:

1. Забруднені переважно мінеральними домішками (підприємства металургійної, машинобудівної, рудо- та вугільнодобуваючої промисловості; заводи по виробництву кислот, будівельних виробів і матеріалів, мінеральних добрив та ін.) в яких містяться кислоти, луги, іони важких металів та ін. Це з'єднання миш'яку, свинцю, кадмію, ртуті, хрому, міді, фтору. Важкі метали поглинаються фітопланктоном, а далі передаються по харчовій ланці більш високоорганізованим організмам. Токсичний ефект деяких найбільш поширених забруднювачів гідросфери представлений на рисунку 2.1. Стічні води цієї групи в основному змінюють фізичні властивості води. Крім перерахованих в таблиці речовин, до небезпечних забруднюючих речовин водного середовища можна віднести неорганічні кислоти і основи, що обумовлюють широкий діапазон рН промислових стоків (1,0-11,0) і здатних змінювати рН водного середовища до значень нижче 5,0 або вище 8,0, тоді як риба в прісній і морській воді може існувати лише в інтервалі рН 5,0-8,5.

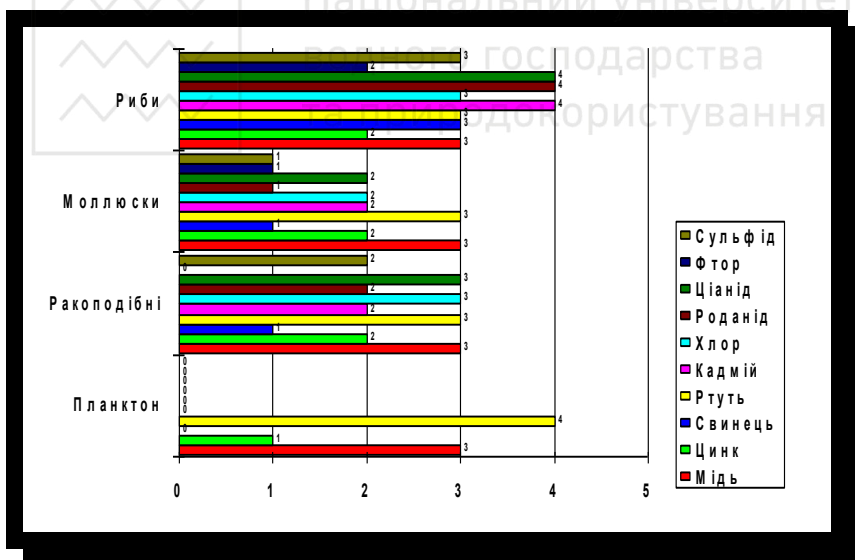


Рис. 2.1. Ступінь токсичності деяких речовин: 0-відсутній; 1- дуже слабкий; 2-слабкий; 3- сильний; 4- дуже сильний

2. Забруднені переважно органічними домішками (підприємства м'ясної, рибної, молочної, харчової, целюлозно-паперової, мікробіологічної, хімічної промисловості; заводи по виробництву каучуку, пластмас та ін.). Так стоки целюлозно-паперової промисловості згубно впливають на населення водойм. Окислення деревної маси супроводжується поглинанням значної кількості кисню, що призводить до загибелі ікри, мальків та дорослих риб. Волокна та інші нерозчинні речовини засмічують воду і погіршують її фізико-хімічні властивості.

3. Забруднені мінеральними і органічними домішками (підприємства нафтодобувної, нафтоперероблюючої, текстильної, легкої, фармацевтичної промисловості; заводи по виробництву цукру, консервів, продуктів органічного синтезу та ін.). В стоках містяться різні нафтопродукти, аміак, альдегіди, смоли, феноли та інші шкідливі речовини. Шкідлива дія стічних вод цієї групи полягає головним чином в окислювальних процесах, внаслідок яких зменшується вміст у воді кисню, збільшується біохімічна потреба в ньому, погіршуються органолептичні показники води. Нафта і нафтопродукти на сучасному етапі являються основними забруднювачами внутрішніх водойм, вод морів, Світового океану (рис.2.2). Потрапляючи у водойми, вони створюють різні форми забруднення: плаваючу на воді нафтову плівку, розчинені чи емульговані у воді нафтопродукти, осілі на дно важкі фракції і т.д. Це ускладнює процеси фотосинтезу у воді через припинення доступу сонячних променів, а також викликає загибель рослин і тварин.

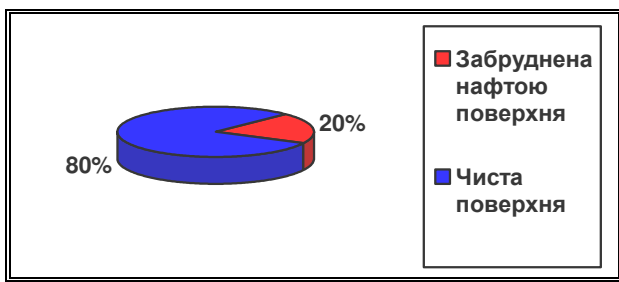


Рис.2.2. Забруднення поверхні океану нафто

При цьому змінюється запах, смак, забарвлення, поверхневий натяг, в'язкість води, зменшується кількість кисню, з'являються шкідливі органічні речовини, вода набуває токсичних властивостей і представляє загрозу не лише для людини. 12 г нафти роблять

непридатною для споживання тону води. Кожна тона нафти створює нафтову плівку на площі до 12 км^2 . Відновлення уражених екосистем займає 10-15 років. Інформація про склад деяких органічних речовин в промислових стічних водах представлена на рисунку 2.3. Крім вище вказаних 3 груп забруднень виробничих стічних вод має місце скид нагрітих вод у водойми, що являється причиною так званих теплових забруднень. Температура води, що використовується на теплових електростанціях для охолодження пари, підвищується на $3-10^\circ \text{C}$, а іноді до 20°C . Щільність і в'язкість нагрітої води відрізняються від властивостей більш холодної води приймаючого басейну, тому вони перемішуються поступово. Тепла вода охолоджується або навколо місця зливу, або в змішаному потоці, що тече вниз за течією річки. Потужні електростанції помітно нагрівають води в ріках і бухтах, на яких вони розміщені. Для електростанції потужністю 1000 МВт потрібне озеро площею 810 га, глибиною біля 8,7 м.

Влітку, коли потреба в електричній енергії для кондиціонування повітря дуже велика і її виробка зростає, ці води часто перегріваються. Поняття “теплове забруднення” відноситься саме до таких випадків, оскільки надлишкове тепло зменшує розчинність кисню у воді, прискорює темпи хімічних реакцій і, відповідно, впливає на життя тварин і рослин у водоприймальних басейнах.

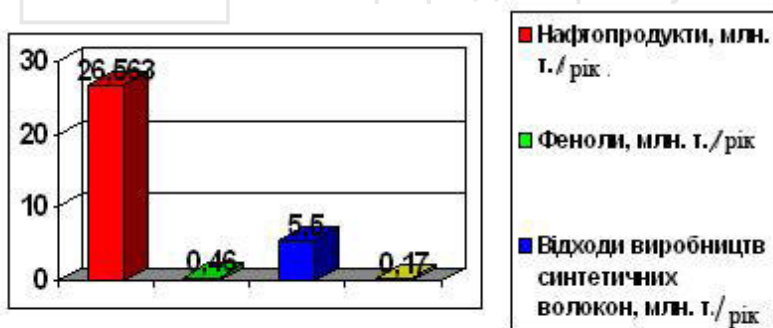


Рис.2.3. Органічні забруднення, що містяться в промислових стічних водах

Існують яскраві приклади того, як в результаті підвищення температури води гинули риби, виникали перешкоди на шляху їх міграцій, швидкими темпами розмножувалися водорості та інші нижчі бур'янисті рослини, відбувалися несвоєчасні сезонні зміни водного



середовища. Характерні для холодної води водорості замінюються більш теплолюбними і, на кінець, при високих температурах повністю ними витісняються, при цьому виникають благотворні умови для масового розвитку у водосховищах синьо – зелених водоростей – так званого “цвітіння води”.

Усі перераховані вище наслідки теплового забруднення водойм наносять величезну шкоду природним екосистемам і призводять до пагубної зміни середовища існування людини. Пошкодження, які виникли в результаті теплового забруднення, можна розділити на: економічні (втрати внаслідок зниження продуктивності водойм, витрати на ліквідацію наслідків від забруднення); соціальні (естетичне пошкодження від деградації ландшафтів); екологічні (незворотні руйнування унікальних екосистем, зникнення видів, генетичне пошкодження).

Кількість виробничих стічних вод визначається в залежності від продуктивності підприємства по укрупненим нормам водоспоживання і водовідведення для різних галузей промисловості. Норма водоспоживання – це доцільна кількість води, необхідної для виробничого процесу, встановлена на основі науково обґрунтованого розрахунку чи передового досвіду.

В укрупнену норму водоспоживання входять всі витрати води на підприємстві. Норми витрати виробничих стічних вод застосовують при проектуванні і реконструкції діючих систем водовідведення промислових підприємств. Укрупнені норми дозволяють дати оцінку раціональності використання води на будь-якому діючому підприємстві.

Склад промислових стічних вод коливається в значних межах, що викликає необхідність детального обґрунтування вибору надійного і ефективного методу очистки в кожному конкретному випадку. В таблиці 2.3 приведені пріоритетні забруднювачі водних екосистем по галузям промисловості.

Таблиця 2.3. Пріоритетні забруднювачі водних екосистем по галузям промисловості

Галузь промисловості	Переважаючий вид забруднень
Нафтогазодобування, нафтопереробка	Нафтопродукти, СПАР, феноли,

Целюлозно-паперовий комплекс, лісова промисловість	Сульфати, органічні речовини, лігніни, смоляні і жирні речовини, азот
Машинобудування, металообробка, металургія	Важкі метали, завислі речовини, фториди, ціаніди, амонійний азот
Хімічна промисловість	Феноли, нафтопродукти, СПАР, ароматичні вуглеводні, неорганіка
Гірничодобуваюча, вугільна	Флотореагенти, неорганіка, феноли
Легка, текстильна, харчова	СПАР, нафтопродукти, органічні барвники, інші органічні речовини

2.3. Санітарні умови скиду стічних вод у природні водні об'єкти

Водойми забруднюються в основному в результаті спуску в них стічних вод від промислових підприємств і населених пунктів. В результаті скиду стічних вод змінюються фізичні властивості води (підвищується температура, зменшується прозорість, з'являються забарвлення, присмаки, запахи); на поверхні водойми з'являються плаваючі речовини, а на дні утворюється осад; змінюється хімічний склад води (збільшується вміст органічних і неорганічних речовин, з'являються токсичні речовини, зменшується вміст кисню, змінюється активна реакція середовища та ін.); змінюється якісний і кількісний бактеріальний склад, з'являються хвороботворні бактерії. Забруднені водойми стають непридатними для питного, а часто і для технічного водопостачання; втрачають рибогосподарське значення і т. п. Загальні умови випуску стічних вод будь-якої категорії в поверхневі водойми визначаються народногосподарською їх значимістю і характером водокористування. Після випуску стічних вод допускається деяке погіршення якості води у водоймах, але це не повинно помітно відображатися на його житті і на можливості подальшого використання водойми в якості джерела водопостачання, для культурних і спортивних заходів, рибогосподарських потреб.



Спостереження за виконанням умов спуску виробничих стічних вод у водойми здійснюється санітарно-епідеміологічними станціями і басейновими управліннями.

Умови скину стічних вод у водні об'єкти регламентуються "Правилами охорони поверхневих вод від забруднення зворотніми водами", Постанова КМ України № 465 від 25 березня 1999 року.

В правилах встановлено такі нормативи гранично допустимого вмісту забруднюючих речовин в очищених стічних водах після споруд біологічної очистки:

- БСК₅ – не більше 15 мг/л;
- ХСК – не більше 80 мг/л;
- завислі речовини не більше 15 мг/л;
- для інших забруднюючих речовин встановлюється органами

Мінекобезпеки в дозволі на спец водокористування.

Водойми і водотоки (водні об'єкти) вважаються забрудненими, якщо показники складу і властивостей води в них змінились під прямим чи непрямим впливом виробничої діяльності і побутового використання населенням і стали частково або повністю непридатними для одного з видів водокористування. Придатність складу і властивостей поверхневих вод, що використовуються для господарсько-питного водопостачання і культурно-побутових потреб населення, а також рибогосподарських цілей, визначається їх відповідністю потребам і нормативам одночасно. Якщо водний об'єкт чи його ділянку використовують для різноманітних потреб народного господарства, при визначенні умов скиду стічних вод слід використовувати більш жорсткі нормативи якості поверхневих вод.

Склад і властивості води водних об'єктів повинні контролюватися в створі, розміщеному на водотоках на 1 км вище ближчих за течією пунктів водокористування, а на непроточних водоймах і водосховищах – на 1 км по обидві сторони від пункту водокористування. Склад і властивості води у водоймах чи водотоці в пунктах питного і культурно-побутового водокористування за всіма показниками повинні відповідати нормативам.

Забороняється скидати у водні об'єкти:

а) стічні води, які містять речовини чи продукти трансформації речовин у воді, для яких не встановлені ГДК, а також речовини, для яких відсутні методи аналітичного контролю;



б) стічні води, які можуть бути усунені шляхом організації безстічного виробництва, раціональної технології, максимального використання в системах зворотного і повторного водопостачання після відповідної очистки і знезараження в промисловості, міському господарстві і для зрошення в сільському господарстві;

в) неочищені чи недостатньо очищені виробничі, господарсько-побутові стічні води і поверхневий стік з територій промислових майданчиків і населених пунктів.

Забороняється скидати у водні об'єкти стічні води, які містять збудники інфекційних захворювань. Стічні води, небезпечні в епідемічному відношенні, можуть скидатися у водні об'єкти тільки після відповідної очистки і знезараження.

Забороняється допускати у водні об'єкти витоки від нафто- і продуктопроводів, нафтопромислів, а також скид сміття, неочищених стічних, підсланевих, баластних вод і витікання інших речовин з плавучих засобів водного транспорту.

Забороняється на водних об'єктах, які використовуються переважно для водопостачання населення, молевий сплав лісу, а також сплав деревини, в пучках і кошелях без судової тяги.

Не допускається скид стічних вод у водні об'єкти, які використовуються для водо- і грязелікування, а також у водні об'єкти, що знаходяться в межах зон санітарної охорони курортів.

Місце випуску стічних вод повинно бути розміщене нижче за течією річки від межі населеного пункту і всіх місць водокористування населення з врахуванням можливості зворотної течії при нагінних вітрах. Місце випуску стічних вод в непроточні і малопроточні водойми (озера, водосховища та ін.) повинно визначатися з врахуванням санітарних, метеорологічних і гідрологічних умов з метою виключення негативного впливу випуску стічних вод на водокористування населення.

Скид стічних вод у водні об'єкти в межах населеного пункту через існуючі випуски допускається лише у виключних випадках при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні і за згодою з органами державного санітарного контролю.

Забороняється прийняття в експлуатацію об'єктів з недоробками, відступами від утвердженого проекту, що не забезпечує дотримання нормативної якості води, а також без апробації, випробовування і перевірки роботи всього встановленого обладнання і механізмів.



Водоохоронні зони. Згідно водного кодексу України, для підтримання водних об'єктів в стані, що відповідає екологічним потребам, для запобігання забруднення, засмічення і виснаження поверхневих вод, а також збереження середовища мешкання об'єктів тваринного і рослинного світу встановлюються водоохоронні зони. В межах водоохоронних зон встановлюються прибережні захисні смуги, де забороняється орати землю, рубити і корчувати ліс, розміщати тваринницькі ферми і табори, а також вести іншу діяльність.

Державний контроль за дотриманням режиму використання і охорони прибережних ресурсів та іншої господарської діяльності громадян і юридичних осіб у водоохоронній зоні здійснюється органами і виконавчою владою суб'єктів України.

Охорона водних об'єктів. Водне законодавство України регулює відносини в області використання і охорони водних об'єктів з метою забезпечення прав громадян на чисту воду і благоприємне водне середовище; підтримання оптимальних умов водокористування; якості поверхневих і підземних вод у відповідності з санітарними і екологічними потребами; захисту водних об'єктів від забруднення, засмічення і виснаження; зберігання біологічного різноманіття водних екосистем.

Згідно Водного кодексу України, використання водних об'єктів для питного і господарсько-побутового водопостачання є пріоритетним. Для цього водопостачання повинні використовуватися захищені від забруднення і засмічення поверхневі і підземні водні об'єкти. Аналіз об'єктів водовипуску виконують в наступній послідовності:

1. розглядають найближчі до міста (чи найбільшого водоспоживача ВГК) поверхневі джерела, їх гідрологічні характеристики, якість води;
2. порівнюють витрату стічної води із середньомісячною витратою розрахункової забезпеченості кожного об'єкта водовипуску; враховують категорії водокористувачів в розрахунковому створі, який визначають для водойми:
 - господарчо-питного (ГП) – на відстані не менше 1 км вище по течії існуючого або перспективного пункту водокористування;
 - культурно-спортивного (КС) – на відстані не менше 1 км від верхньої межі населеного пункту;



- рибогосподарського (Р) – на відстані не більше 0,5 км нижче випуску стічних вод, а для нерестових ділянок – в самому створі випуску;
3. порівнюють якість води в кожному з об'єктів водовипуску і приблизно прогнозують його зміни внаслідок скиду стічної води;
 4. визначають ті об'єкти водовипуску, для яких необхідно виконувати розрахунки при виборі оптимального варіанту скиду стічної води.

Забороняється скид стічних і дренажних вод у водні об'єкти:

- які містять природні лікувальні ресурси;
- які особливо охороняються;
- які знаходяться в місцях нересту і зимівлі цінних видів риби, що особливо охороняються, в місцях мешкання цінних і занесених до Червоної книги видів тварин і рослин.

Нормативи якості води водойм господарсько-питного і культурно-побутового водокористування встановлюють якість води для водойм за двома видами водокористування: до першого виду відносяться ділянки водойм, що використовуються в якості джерела для централізованого чи нецентралізованого господарсько-питного водопостачання, а також для водопостачання підприємств харчової промисловості; до другого виду – ділянки водойм, які використовуються для купання, спорту і відпочинку населення, а також які знаходяться в межі населених пунктів.

Віднесення водойм до того чи іншого виду водокористування проводиться органами Державного санітарного нагляду з врахуванням перспектив використання водойм.

Приведені в правилах нормативи якості води водойм відносяться до створів, розміщених на проточних водоймах на 1 км вище ближчого за течією пункту водокористування, а на непроточних водоймах і водосховищах на 1 км по обидві сторони від пункту водокористування.

Велика увага приділяється питанням попередження і усуненню забруднень прибережних районів морів. Нормативи якості морської води, які повинні бути забезпечені при спуску стічних вод, відносяться до району водокористування у відведених межах і до створів на відстані 300 м в сторони від цих меж. При використанні прибережних районів морів в якості приймача виробничих стічних вод вміст шкідливих речовин в морі не повинен перевищувати ГДК,



встановлені за санітарно–токсикологічним, загально санітарним і органолептичним лімітуючим показникам шкідливості. При цьому вимоги до спуску стічних вод диференційовані стосовно до характеру водокористування. Море розглядається не як джерело водопостачання, а як лікувальний оздоровчий, культурно–побутовий фактор.

Забруднюючі речовини, що потрапляють в річки, озера, водосховища і моря, вносять значні зміни у встановлений режим і порушують рівноважний стан водних екологічних систем. В результаті процесів обернення забруднюючих водойми речовин, що протікають під дією природних факторів, у водних джерелах відбувається повне чи часткове відтворення їх первісних властивостей. При цьому можуть утворюватися вторинні продукти розпаду забруднень, що негативно впливають на якість води. В зв'язку з тим, що в стічних водах промислових підприємств можуть міститися специфічні забруднення, їх спуск в міську водовідвідну мережу обмежений рядом вимог. Виробничі стічні води, які випускаються у водовідвідну мережу, не повинні: порушувати роботу мереж і споруд; виявляти руйнуючу дію на матеріал труб і елементи очисних споруд; містити більше 500 мг/л зважених і спливаючих речовин; містити речовини, здатні засмічувати мережі чи відкладатися на стінках труб; містити горючі домішки і розчинені газоподібні речовини, здатні утворювати вибухонебезпечні суміші; містити шкідливі речовини, які перешкоджають біологічній очистці стічних вод чи скиду у водойму; мати температуру вище 40° С. Виробничі стічні води, що не задовольняють цим вимогам, повинні передчасно очищуватися і лише після цього скидатися в міську водовідвідну мережу.

2.4. Особливості оперативного прогнозування змін хімічного складу річкових вод в умовах техногенного впливу

Для оцінки якості води на перспективу з умовою впливу антропогенного навантаження на водойми застосовуються різноманітні моделі прогнозування. Існують три стадії: ретроспективний аналіз, оцінка сучасного стану і прогноз. Складаючи прогноз слід встановити об'єкт прогнозування, виявити його зв'язки з іншими об'єктами для визначення умов, у яких він функціонує,

виявити можливі зміни його характеристик (факторів впливу на формування якості річкової води за незначні проміжки часу).

До переліку речовин за якими складається прогноз рівня забрудненості води, слід включити:

- речовини, які в контрольному створі річки нижче випуску стічних вод частіше перевищують ГДК;
- речовини, які в умовах трансформації у водне джерело, що обумовлюють суттєве його забруднення на певній ділянці;
- розчинені у воді кисень та БСК.

При визначенні речовин, що забруднюють ділянку річки, слід використовувати результати систематичних спостережень за розподілом забруднених речовин по довжині річки.

Для оперативного прогнозування рівня забрудненості водного об'єкту стічними водами необхідно мати:

- карти річкової мережі;
- перелік і точне знаходження на карті створів гідрологічних постів; створів, де проводяться систематичні гідрохімічні спостереження викидів стічних вод; ділянок на яких водоспоживання залежить від якості води;
- дані про середні швидкості переміщення водних потоків між пунктами гідрологічних спостережень.

При цьому можливо використовувати три способи моделювання:

1. Використання рівнянь балансу речовин. Для прогнозів можливих несприятливих змін хімічного складу води водного джерела із заданою завчасністю: у випадку введення нових потужностей випусків неочищених або недостатньо очищених стічних вод; при аварійному скиді стічних вод, що відбувся.

Прогнози вмісту забруднюючих речовин у річковій воді максимально забрудненого потоку в заданому створі виконуються шляхом реалізації алгоритму оперативного прогнозування. Необхідна інформація для складання оперативних прогнозів за рівняннями балансів отримується наступним чином.

За витрату річки береться мінімальна витрата за даними місячних гідрологічних прогнозів. Фонові концентрації забруднюючих речовин вибираються за даними статистичних спостережень, при наявності результатів систематичних спостережень, за фонову можливо брати концентрацію речовин 50%-вої забезпеченості.



Параметри, які характеризують ступінь перемішування річкових і стічних вод, визначають розрахунковим шляхом за осередненими гідрометричними даними, які повинні відповідати витраті води.

Коефіцієнти, що враховують не консервативність речовин, діапазон концентрацій в якому вони застосовуються – розрахунковим шляхом за результатами лабораторного або натурного моделювання.

При аварійному скиду стічних вод слід зібрати наступну інформацію:

- час початку і період аварійного скиду;
- характер випуску стічних вод;
- витрату або загальний об'єм скинутих стічних вод;
- перелік та концентрації забруднюючих речовин;
- основні гідрометеорологічні дані в період виникнення аварійної ситуації на водному об'єкті:

а- витрати води водотоків вище місця аварійного скиду стічних вод;

б- витрати води водотоків у створах гідрологічних постів, де можливе переміщення суміші скидів;

в- середні швидкості течії води в створі вище місця аварії;

г- середня ширина і глибина річкового потоку в створах постів.

2. Використання методів статистики. Обробка вихідної гідрохімічної інформації методом математичної статистики дозволяє прогнозувати вміст забруднюючих речовин в річковій воді із застосуванням можливої погрішності розрахунку.

3. Комбінований спосіб обробки гідрохімічної інформації. В його осно-ві лежить використання рівнянь балансу речовин, окремі параметри яких визначають за результатами систематичних спостережень із застосуванням математичної статистики. Застосовується для оперативного прогнозування забрудненості річкової води у будь якому створі річки.

Питання контролю знань по другому розділу.

1. Назвіть основні джерела забруднення водойм.
2. Назвіть причини евтрофікації водоймищ України.
3. Наведіть процеси самовідновлення водних екосистем.
4. Наведіть класифікацію водокористування.



5. Які об'єкти визначаються джерелами забруднення водою.
6. Назвіть типи забруднень поверхневих та підземних вод.
7. Назвіть категорії стічних вод в залежності від походження і складу.
8. Назвіть категорії виробничих стічних вод.
9. Які води називають умовно чистими ?
10. Наведіть вплив нафтопродуктів на стан поверхневих джерел.
11. Назвіть наслідки "теплого забруднення" водоймищ.
12. Перерахувати норми ГДК в очищених стічних водах.
13. Які стічні води заборонені до скиду у водні об'єкти.
14. Назвіть місця розташування випуску стічних вод у водоймища.
15. наведіть основні законодавчі акти України щодо охорони водних об'єктів.
16. Наведіть особливості оперативного прогнозування змін хімічного складу річкових вод.
17. Яка інформація необхідна для оцінки забруднення джерела при аварійному скиді.

3. Покращення стану водних ресурсів

3.1. Аналіз сучасного стану та основні напрямки Національної програми екологічного оздоровлення басейнів річок України

У басейнах річок України сконцентровано великий обсяг виробництва з перевагою "брудних" галузей промисловості, найбільші енергетичні об'єкти і масиви зрошувальних земель. Внаслідок цього в більшості економічних районів склалася передкризова або кризова водогосподарська гідроекологічна ситуація, при якій самовідновлююча здатність джерел вже не забезпечує екологічну рівновагу.

У більшості випадків інструментальний облік використання води не ведеться. За оцінкою лабораторії раціонального використання водних ресурсів Київського державного технічного університету будівництва і архітектури, лише за рахунок раціонального використання води у басейні Дніпра можлива економія складе 8 км^3 в рік. Промисловість є самою водоемкою галуззю господарства. Її доля у використанні води у басейні Дніпра складає 49 відсотків від об'єму всього водовикористання або 6 км^3 . Крім свіжої, у виробництві і зворотніх системах водопостачання використовуються 28 км^3 води. Друге місце по споживанню водних ресурсів займає сільське

господарство, яке використовує 4,4 км³ води, або 35 відсотків від всього водопостачання. На відміну від промислового виробництва, де безворотне водоспоживання не перевищує 20 відсотків, у сільському господарстві воно становить 72,5 відсотки від всього безворотнього водоспоживання у басейні Дніпра. Всього безворотне водоспоживання у басейні Дніпра складає 33,8 км³. Дані про безворотне водоспоживання наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Об'єми безворотнього водоспоживання

Безвороне водоспоживання галузей народного господарства	7,3 км ³
Безвороне водоспоживання за межами України	2,0 км ³
Втрати з ставків, водосховищ, каналів	4,1 км ³
Втрати на фільтрацію з Каховського водосховища	1,2 км ³
Санітарно-екологічний мінімум (пропуски з Каховського водосховища у Дніпровський лиман)	19,2 км ³
Об'єм стоку Дніпра у маловодний рік (95 % забезпеченості)	35 км ³

Скид забруднюючих речовин

За даними державної статистичної звітності про використання води, за рік у водні об'єкти потрапила 7,4 км³ стічних вод. З цієї кількості частка нормативно чистих вод складає 4,7 км³, нормативно очищених - 0,6 км³, забруднених - 2,0 км³. Зі стічними водами тільки з точкових джерел за рік у Дніпро скинуто 36 тис. т. органічних речовин, що легко окислюються, 613 т нафтопродуктів, 439 тис. т сульфатів, 527 тис. т хлоридів, 29 тис. т нітратів, 27 т міді, 38 т цинку, 10 т нікелю, 11 т хрому, 2 т фенолів і багато інших речовин. Найбільшим забруднювачем водних об'єктів басейну Дніпра є комунальне господарство, чорна та кольорова металургія, коксохімія, важке, енергетичне, транспортне машинобудування і сільське господарство. Так, тільки каналізаційні системи міст Дніпропетровська і Запоріжжя щорічно скидають у Дніпро 196 і 172 млн. м³ забруднених стічних вод відповідно. Найбільш великими промисловими об'єктами-забруднювачами є металургійний завод імені Дзержинського (м. Дніпродзержинськ), комбінат „Запоріжсталь”



(м. Запоріжжя), металургійний завод імені Петровського (м. Дніпропетровськ). Щорічно вони скидають у Дніпро 156, 104 і 98 км³ забруднених стоків відповідно.

Негативним фактором, що впливає на якість природних вод, є низька ефективність існуючих очисних споруд. Централізованими системами каналізації забезпечено 94 відсотка міст, 50 відсотків селищ міського типу, і біля 3 відсотків сільських населених пунктів. Дефіцит пропускної спроможності комунальних очисних споруд біологічної очистки у містах і селищах міського типу для попередження скиду забруднених стічних вод у басейн Дніпра складає більш ніж 442 тис. куб. м на добу. На 10 відсотках площі басейну діють системи осушення і зрошування (53 великі зрошувані системи на площі 1,5 млн. га і значна кількість ділянок „малого зрошування”). Дренажні води зрошуваних систем являють собою потужне джерело забруднення водних об’єктів отрутохімікатами і мінеральними солями. За даними Українського наукового центру охорони вод (УкрНЦОВ), стік з сільськогосподарських угідь у балансі надходження, зокрема азоту і фосфору, у водні об’єкти Дніпра складає 28 і 7,4 відсотки відповідно. У цілому, з території Дніпра за рік виноситься 19,1 тис. т азоту, 0,63 тис. т фосфору і 0,118 т пестицидів. Таким чином, сільське господарство є одним з основних джерел надходження біогенних елементів.

Радіаційне забруднення

Виключною особливістю сучасного екологічного стану басейну Дніпра є те, що локальні ситуації, обумовлені безладним та екологічно небезпечним водокористуванням на території басейну, загостренні Чорнобильською катастрофою. На території басейнів Прип’яті і Дніпра зосереджено біля 450 тис. кюрі цезію-137 і майже 70 тис. кюрі стронцію-90. Потенційне надходження радіонуклідів із забруднених територій за рахунок поверхневого змиву за рік може скласти 1-2 відсотка для стронцію-90 і 0,1-0,3- для цезію-137. Водосховища каскаду є своєрідними накопичувачами радіоактивних речовин. Концентрація цезію-137 від Київського до Каховського водосховища знижується на два порядки, стронцію-90 - майже вдвічі. Від загальної кількості стронцію, що надходить у Київське водосховище, 23 відсотка залишається в Київському, а 27 відсотків проникає в Кременчуцьке, 11- в Канівське водосховище. Накопичування радіонуклідів та інших забруднюючих речовин переважно в донних



відкладах створює передумови для тривалого їх перерозподілу через стік усіх водосховищ Дніпровського каскаду.

Якість води

Вказані фактори в сукупності привели до погіршення якості води. Аналіз багаторічних спостережень показав, що найбільш поширеними забруднюючими речовинами річок басейну Дніпра є нітрити, азот амонійний, біогенні та органічні речовини, важкі метали, нафтопродукти і феноли. Концентрація їх свідчить про порушення нормативів якості води, прийнятої для водойм рибогосподарського та культурно-побутового призначення. За рівнем хімічного і бактеріального забруднення вода багатьох річок басейну Дніпра класифікується як забруднена і брудна. Більшість потоків Дніпра забруднено переважно азотом амонійним і нітритним, нафтопродуктами, фенолами, з'єднаннями важких металів. Найвища забрудненість з'єднаннями важких металів спостерігалась на таких річках, як Горинь, Тетерев, Гнилоп'ять, Псьол, Самара, Рось, Інгулець. Максимальна концентрація з'єднань міді в деяких випадках коливалась в межах 34-96 ГДК, цинку і марганцю - 10-91 ГДК. У воді Ірши, Ірпеня, Унави, Сейму підвищений вміст азоту амонійного, фенолів, нафтопродуктів. Збільшився вміст азоту амонійного і в Десні. Крім того, тут спостерігався високий рівень забруднення цинком - до 19 ГДК, марганцем - до 12 ГДК, нафтопродуктами - до 32 ГДК. Вода в Сулі, Удаї, Пслі, Хоролі, Ворсклі, Мерлі, Орелі, Берестовій, Самарі, Вовчій забруднена легкоокислюючими органічними речовинами, фенолами, з'єднаннями міді, марганцю. Київське і Канівське водосховища забруднені переважно азотом амонійним (його концентрація в окремі періоди досягала 14 ГДК), фенолами (до 14 ГДК), з'єднаннями міді (до 8 ГДК), цинку (до 13 ГДК) і марганцю (до 10 ГДК). В порівнянні з попередніми роками, в цих водосховищах дещо збільшився рівень забрудненості азотом амонійним, фенолами, легкоокислюваними органічними речовинами. Рівень забрудненості води Кременчуцького і Дніпродзержинського водосховищ складає: азотом нітритним - в межах 1-2 ГДК, СПАР - до 2, з'єднаннями міді - 1-12, цинку - 1-10, марганцю - 1-17 ГДК. Основними забрудненнями Дніпровського водосховища були з'єднаннями міді (до 11 ГДК), цинку (до 32 ГДК), марганцю (до 10 ГДК) і феноли (до 8 ГДК). Забруднення з'єднаннями цинку іноді досягало 96 ГДК. Середньорічна концентрація забруднюючих речовин досягала в Каховському



водосховищі: феноли 1-2 ГДК, з'єднання міді – 6-11 ГДК, цинку – 7-12 ГДК. Висока концентрація з'єднань цинку (13-25 ГДК) спостерігалась поблизу Запоріжжя та Нікополя.

На всіх річках України проявляється дія важких металів, нафто-продуктів, СПАР, радіонуклідів. Найбільш інтенсивні процеси спостерігаються в басейнах Західного Бугу, Дністра (Дрогобич), Дунаю, Південного Бугу (Вінниця, Миколаїв), Інгула (скиди дренажних вод зрошувальних систем), Інгульця (район Кривого Рогу), Десни (середня і нижня течія), Сіверського Донця, річок Приазов'я (район розташування промислових центрів) та на всіх водосховищах Дніпровського каскаду.

Забруднення деякої частини річкових басейнів України специфічними речовинами токсичної та радіаційної дії можна віднести на рахунок впливу скидів шахтних вод (Львівсько-Волинський вугільний район, Донбас) стічних вод металургійної та хімічної промисловості, рудників (Кривий Ріг, Дніпропетровськ, Дніпродзержинськ, Запоріжжя), аварії на ЧАЕС та післяаварійних заходів.

Стан, який сьогодні спричинюють радіонукліди у водних системах, можна назвати проміжним. Найбільша їх кількість виявляється у пригир-лових ділянках річок. За матеріалом радіаційно-екологічного моніторингу, природний фон річок за стронцієм - 90 становить 10^{-13} та цезієм $137 - 10^{-3}$ К_п/л і лише у гирлі Дніпра перевищує ці величини. Дуже чутливим щодо екологічних порушень є Полісся. Тут основні річкові системи (за винятком р. Случ) характеризуються погіршенням та поганим екологічним станом.

Дослідження концентрації основних іонів та біогенних речовин в річках басейна Дніпра свідчать, що антропогенний фактор істотно впливає на вміст азоту і фосфору, особливо в річках лісостепової та степової зон. Частина антропогенної складової в загальному вмісті мінерального азоту у воді змінюється від 0,4 (верхів'я Інгульця) до 92 відсотків (р. Вовча), а загального фосфору – від 0,02 (р. Ворскла) до 86 відсотків (р. Базавлук). Забруднення води в басейні Дніпра призвело до порушення природних процесів самоочищення водних об'єктів і значно ускладнило проблему отримання якісної питної води на водопровідних станціях. Водопровідні очисні споруди вже не можуть перешкоджати надходженню в питну воду значної кількості неорганічних і органічних забруднюючих речовин, сумісна дія яких на організм людини, особливо в умовах радіаційного навантаження,

загрожує здоров'ю населення. Проблема загострюється тим, що існуючі технології підготовки питної води передбачають широке застосування хлору, зокрема для знешкодження продуктів розпаду фітопланктону, внаслідок чого у питній воді утворюється велика кількість токсичних канцерогенних хлорорганічних з'єднань, які володіють кумулятивною дією.

Якісний аналіз джерел водопостачання дає можливість визначити перелік джерел які можуть використовуватись для потреб учасників водогосподарського комплексу з точки зору якісного складу і вимог водоспоживачів і водокористувачів. Для аналізу всі дані про джерела заносять в таблицю і для кожного показника якості дають його ознаку за групою:

ЗС – загально-санітарні показники якості води;

ЗСЛ – речовини загально-санітарної лімітуючої ознаки небезпечності (ЛПШ);

ОР – речовини органолептичного ЛПШ;

СТ – речовини санітарно-токсикологічного ЛПШ;

ТК – речовини токсикологічного ЛПШ;

РБ – речовини рибогосподарського ЛПШ.

Деякі показники якості можуть мати дві різні ознаки в залежності від можливого призначення водою. Дані заносять в таблицю 3.2.

Стан підземних вод

Внаслідок господарської діяльності триває інтенсивне забруднення підземних вод. Найбільші порушення у природному гідрогеохімічному стані спостерігаються у економічно розвинутих районах Дніпропетровської і Запорізької областях з високим рівнем розвитку промисловості, сільського господарства і високою густотою населення. Основними джерелами забруднення є накопичувачі промислових і побутових, рідких і твердих відходів, високомінералізовані шахтні і рудничні води, мінеральні добрива і отрутохімікати, накопичувачі відходів на тваринницьких комплексах і фермах. В межах басейну розміщено біля 1000 фільтруючих накопичувачів, з яких 80 відсотків сконцентровано на півдні басейна. Сумарний обсяг накопичених в них високомінералізованих вод досягає 1 км³. З накопичувачів у підземні водоносні горизонти потрапляють розчини солей, нафтопродукти, ароматичні речовини і тому подібне.



Необхідність розробки відповідних заходів по запобіганню негативного впливу зумовлена насиченістю басейна Дніпра накопичувачами промислових відходів та стоків, ступінню їх негативного впливу і небезпеки (до небезпечних належать 40, а до особливо небезпечних – 15 відсотків промислових накопичувачів), недосконалістю існуючої нормативної бази.

Таблиця 3.2. Якісний склад води природних джерел

Показники	Одиниці виміру	Природні джерела				Нормативи та ГДК забруднень, ознаки чи ЛПВ для різних водоспоживачів		Вимоги до якості промислових підприємств			
		1	2	3	4	Госп-питні, комунальні	Рибогосподарські	А	Б	В	Г
1. Каламутність 2. Температура 3. Колір 4. Запах 5. Присмак 6. БСК _п 7. ХСК і т.п.	Мг/л °C Град Бал Бал Мг/л Мг/л					Відповідно до додатку 3	Відповідно до додатку 3				

В гірnodобуваючих районах Дніпропетровської, Запорізької, Донецької та Полтавської областей порушення природних гідрохімічних умов пов'язане переважно з надходженням в підземні горизонти високомінералізованих дренажних, рудничних і шахтних вод. Так, загальна площа забруднення підземних вод у районі Кривбаса складає біля 300 км², максимальна мінералізація їх сягає 12,3 г/л. Фільтрація шахтних вод з накопичувачів у Західному Донбасі стала причиною підвищення рівня мінералізації підземних вод до 1,5 г/л. Таким чином, у басейні Дніпра сформувалися великі ділянки забруднених підземних вод, зокрема у районах: *Дніпропетровська* –

Дніпродзержинська – стічними водами об'єктів хімічної та металургійної промисловості; *Новомосковська* – *Павлограда* – шахтними водами та відходами тваринницьких комплексів; *Кривого Рогу* – шахтними водами та стічними водами металургійних заводів; *Житомира* – *Рівного* – стічними водами підприємств хімічної легкої промисловості, а також господарсько-побутовими стічними водами.

Підземні води за хімічним складом теж дуже різноманітні. Характеристика підземних вод України наведена в таблиці (додаток 1). Підземні води являють собою літогенну ланку кругообігу води в природі, тобто цей вид води є невід'ємною частиною загальної гідросфери нашої планети і визначається специфікою нагромадження та динаміки формування ресурсів.

За даними досліджень багатьох вітчизняних гідрохіміків, підземні води зони активного водообміну на території України мають досить чітку природну гідрохімічну зональність, яка полягає у зміні хімічного типу вод і збільшенні концентрації всіх іонів, за винятком гідрокарбонатного, з північного заходу на південний схід. У складчастих областях (Карпати, Гірський Крим) ця зональність дещо згладжена: води мають невисоку мінералізацію з перевагою іонів кальцію і гідрокарбонатів. У зоні мішаних лісів підземні води гідрокарбонатні кальцієві або гідрокарбонатні кальцієво-магнієві з мінералізацією, як правило до 1 г/л; у лісостеповій – гідрокарбонатні кальцієві, гідрокарбонатні кальцієво-магнієві, гідрокарбонатні натрієво-кальцієві та гідрокарбонатні кальцієво-натрієві. В степовій зоні на півночі води відрізняються значним вмістом гідрокарбонатів, а в південній частині поширені слабо мінералізовані сульфатно-хлоридні та хлоридно-сульфатні води.

На відміну від поверхневих вод підземні води більш захищені від впливу наслідків господарської діяльності. Але по Україні ґрунтові води належать до незахищених. За даними паспортизації об'єктів сільгосподарського водопотачання, яка проводилась організаціями Держводгоспу України, ці води майже скрізь забруднені і за своїм складом не відповідають вимогам, що ставляться до питної води.

Найбільші площі захищених підземних вод спостерігаються в Полтавській (95,3%), Одеській (81,1%) та Чернігівській (77,4%) областях. У цілому в Україні площа захищених водоносних горизонтів становить 39,6%, незахищених – 36,2%, умовно захищених – 24,2%. Найбільші площі незахищених водоносних горизонтів існують в

Національний університет
Закарпатській (91,2%), Івано-Франківській (82,2%), Донецькій (81,6%)
і Луганській (68,8%) областях.

Внаслідок активної господарської діяльності, яка часто не враховує незахищеність водоносних горизонтів, в Україні спос-терігаються суттєві зміни якісного складу підземних вод, що нерідко призводить до зменшення їх кондиційних запасів.

Учасники водогосподарського комплексу надають різні вимоги щодо якості води. Найбільш високі вимоги до якості води ставлять учасники, які потребують воду питної якості. Це населення, харчова промисловість, рибне господарство. Вода більш низької якості може використовуватися для інших галузей промисловості, зрошення. Не ставлять особливих вимог до якості води енергетика, судноплавство, лісосплав. Загальні вимоги до складу та якості води водного об'єкта наведено в таблицях (додатку 1).

Проблема екологічного стану водних об'єктів є актуальною для всіх водних басейнів України. Що ж до Дніпра, водні ресурси якого становлять близько 80 відсотків водних ресурсів України і забезпечують водою 32 млн. населення та 2/3 господарського потенціалу країни, то це одне з найважливіших завдань економічного і соціального розвитку та природоохоронної політики держави.

Екологічне оздоровлення басейну Дніпра є одним з найважливіших пріоритетів державної політики у галузі охорони та відтворення водних ресурсів. 27 лютого 1997 року Верховною Радою України затверджена Національна програма екологічного оздоровлення басейну Дніпра та поліпшення якості питної води. Основною метою Національної програми є відновлення і забезпечення сталого функціонування Дніпровської екосистеми, якісного водопостачання, екологічно безпечних умов життє-діяльності населення і господарської діяльності та захисту водних ресурсів від забруднення та виснаження.

Основні напрямки екологічного оздоровлення басейнів

джерел:

- обмеження шкідливого впливу найбільш небезпечних забруднювачів водних джерел, припинення скиду забруднених комунальних стічних вод, забезпечення очистки стічних вод у відповідності з проектними параметрами очисних споруд;
- зниження водоспоживання на основі раціонального водокористування з врахуванням структурної перебудови



господарства, технологічної модернізації і реконструкцією промислового і аграрного виробництва, комунального господарства;

- завершення створення водоохоронних зон та прибережних смуг усіх водоймищ басейнів;

- поліпшення системи управління водокористуванням, охороною вод і відтворенням водних ресурсів у відповідності з напрямками екологічного оздоровлення басейнів джерел та покращення якості питної води;

- впровадження басейнового принципу управління водокористуванням, охороною вод і відтворенням водних ресурсів; очисткою стічних вод на територіях міст і селищ міського типу;

- перебудова системи водовідведення, оснащення мережі дощової каналізації спорудами вловлювання сміття в зливових водах;

- посилення контролю зі сторони природоохоронних органів за станом поверхні забудованих територій міст і своєчасним прибиранням сміття;

- створення вчасно реконструкції і забудови міст нових мереж дощової каналізації і направлення їх на очисні споруди; розробка і введення в дію системи оцінки діючих очисних споруд та врахування міських зливових стоків з створенням відповідної інформаційної бази даних.

Безпечне використання водних ресурсів

Стратегічна мета – забезпечення в процесі використання водних ресурсів пріоритету природоохоронних функцій над господарськими, раціональне використання поверхневих і підземних вод, широке впровадження водозберігаючих технологій в усіх галузях народного господарства.

Основні цілі:

- скорочення обсягів водоспоживання з впровадженням сучасних водозберігаючих технологій;

- зниження витрат води і скиду забруднених стічних вод за рахунок вдосконалення технологічних процесів в металургійній, коксохімічній, гірnodобувній та інших галузях промисловості;

- скорочення використання свіжої води промисловістю за рахунок мінералізованих підземних і шахтних вод;

- використання в промисловості зворотної і повторно-послідовно використаної води на рівні 90-92 відсотків від загального обсягу води, що використовується промисловими підприємствами.



Пріоритетні заходи та шляхи їх реалізації

Екосистемне регулювання потреб водоспоживання

З метою забезпечення екосистемного регулювання охорони водних джерел та водоспоживання передбачається:

- розробка басейнової системи використання та охорони вод, водогосподарських балансів;
- розробка і впровадження більш раціональних нормативів водокористування в населених пунктах, на господарських об'єктах, сільськогосподарських угіддях;
- проведення інвентаризації заборів води об'єктами господарської діяльності;
- вдосконалення системи обліку і контролю використання водних ресурсів;
- стимулювання забезпечення водою виробничих потреб за рахунок доочищених стічних вод населених пунктів, мінералізованих підземних і шахтних вод, повторного використання промислових стічних вод після відповідної підготовки і тому подібне;
- стимулювання розробки та впровадження ефективних технологічних схем знесолення високомінералізованих стічних вод.

Впровадження мало- і безводних технологій, повторного використання стічних вод, закритих (безстічних) систем виробничого водопостачання

Здійснення заходів передбачає:

- підтримку на державному рівні (за рахунок надання державних кредитів, стимулювання залучення власних засобів і тому подібне) будівництва і реконструкції споруджень виробничого водопостачання підприємств гірnodобуваючої і хімічної галузей промисловості в комплексі заходів по їх структурній перебудові;
- будівництво і реконструкцію споруд виробничого водопостачання об'єктів господарювання;
- впровадження водозберігаючих технологій в сільському господарстві (крапельне та інші види зрошення);
- впровадження екологічного аудиту з метою оцінки впливу виробничих технологій на водні об'єкти і розробки способів їх вдосконалення.

Запобігання забрудненню підземних вод в найбільш екологічно несприятливих районах:

- розробка та введення в дію системи ідентифікації та вдосконалення контролю усіх існуючих і вірогідних джерел забруднення підземних вод з створенням відповідної інформаційної бази даних;
- створення системи управління якістю підземних вод;
- дослідження та оцінка техногенного навантаження на підземні води, їх захищеності, якісного стану;
- організація системи моніторингу.

3.2. Змішування стічних вод із водою водойм

Після випуску стічних вод в водойми вони поступово змішуються з водами річки, по мірі віддалення від випуску. Крім того, на ступінь змішення впливає співвідношення витрат річкової та стічної води, швидкість течії річки, її глибина, звивистість, тип випуску та інші фактори.

Для визначення ролі річкової води, яка приймає участь в змішуванні її із стічними водами, вводять коефіцієнт змішення, який визначається за формулою Фролова та Родзиллера:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \frac{Q_{95\%}}{Q_{скид}} \cdot e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}} \quad (3.1)$$

де α - коефіцієнт, який враховує вплив гідравлічних факторів

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{Q_{скид}}} \quad (3.2)$$

де φ - коефіцієнт звивистості ріки визначається як відношення довжини річки (L) до довжини по прямій, виміряній на плані;

ξ - коефіцієнт, який залежить від місця випуску стічних вод: для берегового випуску $\xi = 1$; для руслового випуску $\xi = 1,5$;

D – коефіцієнт турбулентної дифузії для рівнинних річок:



$$D = g \frac{V_{сер.} \cdot H_{сер.}}{M \bar{C}} ; \quad (3.3)$$

де $V_{сер.}$ - середня швидкість в річці, $\frac{м}{с}$; $H_{сер.}$ - середня глибина водотоку, м; M – функція швидкісної множини

$$M = \begin{cases} 0,7\bar{C}+6 & \text{при } \bar{C} \leq 60; \\ 48 & \text{при } \bar{C} > 60 \end{cases} \quad (3.4)$$

$\bar{C}$ - швидкісна множина (коефіцієнт Шезі), яка визначається за формулою Павловського:

$$\bar{C} = \frac{1}{n_l} \cdot R^y \quad (3.5)$$

де n_l – коефіцієнт шорсткості русла річки; (при чистому, прямому, незасміченому земляному руслі $n_l = 0,025$; з деякими нерівностями русла і дна $n_l = 0,04$; частково засмічене русло, звивисте, з покритим рослинністю дном $n_l = 0,05$; русло звивисте, замулене, є кущі, дерева $n_l = 0,07$; русло з розбризкувальним потоком води у вигляді крапель, гірського типу $n_l = 0,08$; горноводоскидний тип русла $n_l = 0,1$; річка болотного типу $n_l = 0,133$; глуха пойма $n_l = 0,2$),

R – гідравлічний радіус для рівнинних річок, $\approx H_{сер} m$;

y – коефіцієнт, який розраховується за формулами:

$$\text{при } R \leq 1.0 \text{ м} \quad y = 1,5 \sqrt{n} ; \quad (3.6)$$

$$\text{при } R > 1.0 \text{ м} \quad y = 1,3 \sqrt{n} ; \quad (3.7)$$

L - відстань по фарватеру від місця випуску стічної води до розрахункового створу, м;

Q – розрахункова витрата води в річці 95% забезпеченості зменшена на величину Q_v , $\frac{м^3}{с}$, якщо річка – джерело водопостачання і об'єкт водовипуску.

Якщо шлях зміщення складається з окремих ділянок з дуже різними значеннями V та H , то:

$$D = \frac{l_1}{L} \cdot g \frac{V_1 H_1}{M_1 C_1} + \frac{l_2}{L} \cdot g \frac{V_2 H_2}{M_2 C_2} + \dots + \frac{l_i}{L} \cdot g \frac{V_i H_i}{M_i C_i} \quad (3.8)$$



де $l_1, l_2, \dots, l_i; V_1, V_2, \dots, V_i; H_1, H_2, \dots, H_i$ – відповідно довжина, швидкість та глибина на загальній ділянці довжиною $L = l_1 + l_2 + \dots + l_i$. Кратність розбавлення стічних вод річковою водою в максимально забрудненому струмені розрахункового створу характеризується коефіцієнтом розбавлення:

$$n = \frac{Q_{\text{скид.}} + \gamma Q}{Q_{\text{скид.}}} \quad (3.9)$$

В деяких формулах по визначенню допустимого значення забруднень стічної води при скиді в водойми зустрічається множник:

$$\frac{\gamma \cdot Q}{Q_{\text{скид.}}} = n - 1 \quad (3.10)$$

Для визначення необхідного ступеня очистки стічних вод враховують процеси самоочищення в природних водоймах, які пов'язані з розбавленням стічних вод водою водойми, фізико-хімічними процесами, життєдіяльністю рослинного і тваринного світу водойми. Процеси розповсюдження інертних домішок в воді проточної водойми описуються рівнянням турбулентної дифузії:

$$V_x \frac{\partial c_x}{\partial x} + V_y \frac{\partial c_y}{\partial y} + V_z \frac{\partial c_z}{\partial z} - D_x \frac{\partial^2 c_x}{\partial x^2} - D_y \frac{\partial^2 c_y}{\partial y^2} - D_z \frac{\partial^2 c_z}{\partial z^2} = - \frac{\partial c}{\partial t} \quad (3.11)$$

де V_x, V_y, V_z - проекції швидкості течії на відповідні вісі;

C - концентрація речовини;

D_x, D_y, D_z - складові коефіцієнту турбулентної дифузії в напрямку відповідних осей.

Основною метою розв'язку цього рівняння є визначення коефіцієнту змішування γ , який показує, яка частка води ріки змішується із стічними водами.

Числовий метод розв'язку дозволяє отримати розповсюдження пасивних домішок в плані потоку і визначити, коли струмінь стічних вод досягне протилежного берега, або створ, де концентрації забруднень вирівнюються. Застосування цього методу дозволяє отримати також об'ємне розповсюдження забруднень в непроточній (або слабо проточній) водоймі.

Для розв'язку двовимірної задачі ділянку водотоку розділяють вздовж осі „X” поперечними лініями, які знаходяться одна від одної



на відстані ΔX , а вздовж осі „У” поздовжніми лініями на відстані ΔY одна від одної (рис 3.1.).

$C_{k,екстр}$	$C_{k+1,екстр}$	
$C_{k,1}$	$C_{k+1,1}$	
$C_{k,2}$		
$C_{k,m-1}$		
$C_{k,m}$	$C_{k+1,m}$	
$C_{k,m+1}$		

Рис. 3.1. Схема числового методу визначення розповсюдження пасивних домішок в плані водотоку

Таким чином, ділянка водотоку, яка розглядається, виявляється розділеною в плані на рівні прямокутники площею $\Delta X \cdot \Delta Y$, які нумеруються вздовж осей x, y відповідно через k, m . Розрахунок здійснюється від початкового створу, в якому відома концентрація речовини, вниз за течією. Концентрація в наступних створах $(k + 1)$ зв'язана з концентрацією в попередніх (k) слідуною залежністю.

$$C_{KH,m} = \frac{1}{2} (C_{k,m-1} + C_{k,m+1}) \quad (3.12)$$

Розміри сторін кліток приймаються:

$$\Delta x = \frac{V_{cep}(\Delta y)^2}{2D}; \Delta y = \frac{q}{H_{cep} \cdot V_{cep} \cdot d_3} \quad (3.13)$$

де D - коефіцієнт дифузії визначається за формулою (3.8); d_3 -кількість розрахункових кліток в початковому створі, заповнених забруднюючою речовиною, яка вибирається таким чином, щоб $d_3 > 1$ при скиді біля берега і $d_3 > 2$ при скиді в руслі.

Граничні умови враховують непроникність речовини через стінки, які обмежують потік. Ці умови реалізуються введенням екстраполяційних значень концентрацій $C_{екстр}$.> які записуються за границями стінок, які обмежують потік. Екстраполяційне значення розраховується згідно співвідношення

$$C_{k,екстр} = C_{k,1} \quad (3.14)$$



При розрахунку розбавлення екстраполяційне значення використовується таким же чином як дійсне значення C відповідно для кліток, які примикають до границь потоку. Розрахунок виконується за формулою:

$$C_{\kappa+1,1} = \frac{1}{2}(C_{\kappa,екстр} + C_{\kappa,2}) \quad (3.15)$$

Наведений метод розрахунку може використовуватися в будь якому положенні випуску в руслі, а також для розрахунку розповсюдження домішок в звивистих руслах, в яких утворюється поперечна циркуляція і має місце кінематична неоднорідність, яка викликана зміною глибини. Врахування вище наведених факторів здійснюється введенням корегуючих множників до коефіцієнту турбулентної дифузії, які наведені в методичних вказівках по застосуванню Правил охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами .

На рис. 3.2 наведено приклад розрахунку розповсюдження завислих речовин в прямолінійному руслі.

0	0	0	1,875	1,875	2,8	2,8
0	0	0	1,875	1,875	2,8	2,8
0	0	3,75	1,875	3,75	2,8	3,75
0	7,5	3,75	5,625	3,75	4,69	3,75
15	7,5	7,5	5,625	5,625	4,69	4,69
15	7,5	7,5	5,625	5,625	4,69	4,69

Рис.3.2. Приклад розрахунку розповсюдження завислих речовин в прямолінійному руслі

3.3. Розрахунок необхідного ступеня очистки стічної води

Ступінь очистки стічних вод, що скидаються у водойму визначається за кількістю завислих речовин, допустимою величиною БСК, кількістю розчиненого у водоймі кисню, зміні активної реакції, температурі води водойми, допустимою концентрацією шкідливих речовин.



Зв'язок між санітарними вимогами до умов випуску стічних вод у водойму (відповідність складу і властивостей води у водоймі, що використовується для водокористування, встановленим нормативам) і необхідним ступенем очистки стічних вод перед скиданням їх у водойму в загальному вигляді виражається нерівністю:

$$C_{ex}q + C_r\gamma \cdot Q \leq (\gamma \cdot Q + q)C_N, \quad (3.16)$$

де C_{ex} - концентрація забруднень стічних вод після очищення;

q - витрата стічних вод, що скидається у водойму, м³/с;

C_r - концентрація забруднень у воді водойми вище випуску, г/л;

C_N - граничнодопустима концентрація забруднень у воді водойми, мг/л.

З нерівності (3.16) визначається концентрація шкідливих речовин, яка повинна бути отримана в результаті очистки і знезараження стічних вод:

$$C_{ex} \leq \frac{\gamma \cdot Q}{q} (C_N - C_r) + C_N. \quad (3.17)$$

Ступінь необхідної очистки визначається за формулою:

$$\mathfrak{D} = \frac{C_{en} - C_{ex}}{C_{en}} \cdot 100 \quad (3.18)$$

Допустима концентрація завислих речовин в стічних водах, що скидаються, у відповідності до Правил може бути визначена за формулою:

$$C_{ex} = P_{ГДК} \left(\frac{\gamma Q}{q} + 1 \right) + C_r, \quad (3.19)$$

де $P_{ГДК}$ — допустиме Правилами збільшення вмісту завислих речовин у воді водойми після скидання стічних вод (в залежності від категорії водокористування), г/м³; C_r - вміст завислих речовин у водоймі до скидання стічних вод, г/м³.

Допустима величина БСК стічних вод, що підлягають скиданню у водойму, L_{ex} розраховується на основі балансу біохімічної потреби у кисні суміші річкової води і стічних вод в розрахунковому створі за формулою:



$$L_{ex} = \frac{\gamma \cdot Q}{q \cdot 10^{-k_1 t}} (L_N - L_r \cdot 10^{-k_2 t}) + \frac{L_N}{10^{-k_1 t}}, \quad (3.20)$$

де L_r - БСК_{повн} річкової води до місця випуску стічних вод, мг/л; L_N - гранично допустима БСК суміші річкової і стічних вод в розрахунковому створі, мг/л; k_1 і k_2 - константи швидкості біохімічної потреби кисню стічної і річкової води відповідно; t - час переміщення води від місця випуску стічних вод до розрахункового пункту в добах.

Допустима мінімальна величина БСК стічних вод, що скидаються у водойму знаходиться виходячи із вимог Правил про збереження у водоймі мінімальної кількості розчиненого кисню після скидання стічних вод (6 мг/л для рибогосподарських і 4 мг/л для усіх інших водойм).

Допустиме навантаження стічних вод на водний об'єкт за вмістом в ньому розчиненого кисню визначається для зимових (після встановлення льодоставу) і літніх умов за наступними формулами:

для зимових умов:

$$L_{ex} = \frac{\gamma \cdot Q}{q(1 - 10^{-k_1 t})} [C_{0r} - C_{0N} - L_r(1 - 10^{-k_1 t})] + \frac{q}{\gamma \cdot Q} (C_{0\omega} - C_{0N}) + L_r; \quad (3.21)$$

для літніх умов:

$$L_{ex} = \frac{q + \gamma \cdot Q}{q} \cdot \frac{k_2 - k_{mx}}{k_{mx}(10^{-k_{mx}t} - 10^{-k_2t})} \cdot [C_0(1 - 10^{-k_2t}) + C_{0r}10^{-k_2t} + \frac{qC_{0\omega}}{q + \gamma \cdot Q} - C_{0N}] - \frac{\gamma \cdot Q}{q} C_{0r}, \quad (3.22)$$

де C_{0r} — концентрація розчиненого кисню у воді річки до скидання стічних вод; C_{0N} - мінімально допустима концентрація розчиненого кисню, що залежить від виду водокористування; k_2 - коефіцієнт реаерації; $C_{0\omega}$ - концентрація розчиненого кисню у стічних водах; C_0 - гранична розчинність кисню повітря у воді при даній температурі;

$$k_{mix} = \frac{1}{t} \lg \frac{L_{en} + (n-1)L_r}{L_{en}10^{-k_1t} + (n-1)L_r10^{-k_2t}}, \quad (3.23)$$

де n - кратність розбавлення за формулою (3.9)

Необхідна ступінь очистки за БСК визначається за формулою (3.18).



За вмістом кислоти або лугів гранична концентрація шкідливих речовин в стічних водах визначається в мг-екв/л за наступними формулами:

$$C_K = \frac{q + \gamma \cdot Q}{q} \frac{[HCO_3] - \frac{CO_2}{44} 10^{pH_N - pK}}{1 + 10^{pH_N - pK}} \quad (3.24)$$

$$C_L = \frac{q + \gamma \cdot Q}{q} \frac{[HCO_3] - \frac{CO_2}{44} 10^{pH_N - pK}}{1 + 10^{pH_N - pK}} \quad (3.25)$$

де $[HCO_3]$ - бікарбонатна лужність води, мг-екв/л; CO_2 - концентрація розчиненої вуглекислоти, мг/л; K - від'ємний логарифм константи І ступені дисоціації вугільної кислоти, що залежить від температури; pH_N - нормативне значення рН.

Температура стічних вод, при якій дотримуються санітарні умови відносно температури води у створі пункту водокористування:

$$T_\omega = \left(\frac{qQ}{q} + 1 \right) T_N + T_r, \quad (3.26)$$

де T_r — максимальна температура води водойми до випуску стічних вод у літній час, °C; T_N — допустиме (не більше ніж на 3° C) підвищення температури води водойми.

Для визначення необхідного ступеня очистки стічних вод від токсичних речовин, для яких встановлені ГДК, застосовується формула (3.18).

Приведені вище формули розрахунку необхідного ступеня очищення виробничих або суміші виробничих і побутових стічних вод відносяться до проточних водних об'єктів, тобто основних приймачів стічних вод.

Але в ряді випадків виникає необхідність спуску стічних вод у непроточні водні об'єкти (озера, водоймища, моря). Дослідження, проведені на водоймищах, озерах і морях, показали, що основну роль у перемішуванні стічних вод грають конструкція і глибина



розташування випуску, наявність прибережних планів, вітрові впливи й ін. Відповідно до розробленого М. А. Руффелем і Н. Н. Лаптевим методами розрахунку змішання стічних вод з водами непроточних водних об'єктів визначається або загальне змішення (для озер, водоймищ і морів), або найменше змішення (для озер і водоймищ) n .

Слід відзначити, що в проточних водних об'єктах кратність змішення в розрахунковому створі n визначається за формулами (3.9; 3.10). При розрахунку необхідного ступеня очищення стічних вод, що спускаються в непротічні водні об'єкти, у розрахункові формули замість виразу $\gamma Q / q$ вводиться вираз $n-1$ і вони отримують наступний вигляд:

1) гранично допустима концентрація забруднення (шкідливої речовини) у стічних водах, що скидаються:

$$C_{cm} \leq C_{\epsilon} + n(C_{\epsilon, \partial} - C_{\epsilon}) \quad (3.27)$$

де C_{ϵ} - концентрація забруднення (шкідливої речовини) у воді непроточного водного об'єкта; $C_{\epsilon, \partial}$ - гранично-допустима концентрація забруднюючої речовини.

2) концентрація завислих речовин у стічних водах, що скидаються:

$$m = b + np \quad (3.28)$$

3) допустима величина БСК_{повн} у стічних водах, що скидаються:

$$L_{cm} = \frac{n-1}{10^{-k_b t}} (L_{\epsilon, \partial} - L_{\epsilon} \cdot 10^{-k t}) + \frac{L_{n, \partial}}{10^{-k_{cm} t}} \quad (3.29)$$

де L_{ϵ} - БСК_{повн} води в непроточному водному об'єкті до скиду стічних вод;

k_b - константа швидкості споживання кисню у воді ;

$L_{\epsilon, \partial}$ - гранично допустима величина БСК_{повне} ;

4) допустима величина БСК_{повн} у стічних водах, що скидаються, по розчиненому у воді кисню:

$$L_{cm} = \frac{n-1}{K} (O_{\epsilon} - K L_{\epsilon} - O_{\epsilon, \partial}) - \frac{O_{\epsilon, \partial}}{K} \quad (3.30)$$

де O_{ϵ} - концентрація розчиненого кисню в воді непроточного водного об'єкта до спуску стічних вод;

$O_{\epsilon, \partial}$ - ГДК розчиненого кисню яка повинна бути в розрахунковому створі після спуску стічних вод;



5) допустима максимальна температура в стічних водах, що скидаються:

$$T_{ct} = nT_{\partial} + T_v \quad (3.31)$$

де T_v - розрахункова температура у воді непроточного водного об'єкта до спуску стічних вод;

б) допустимий вміст кислоти або луку в водах що скидаються:

$$C_{ct.k} = (n-1) \cdot C_k \quad (3.32)$$

$$C_{ct.l} = (n-1) \cdot C_l \quad (3.33)$$

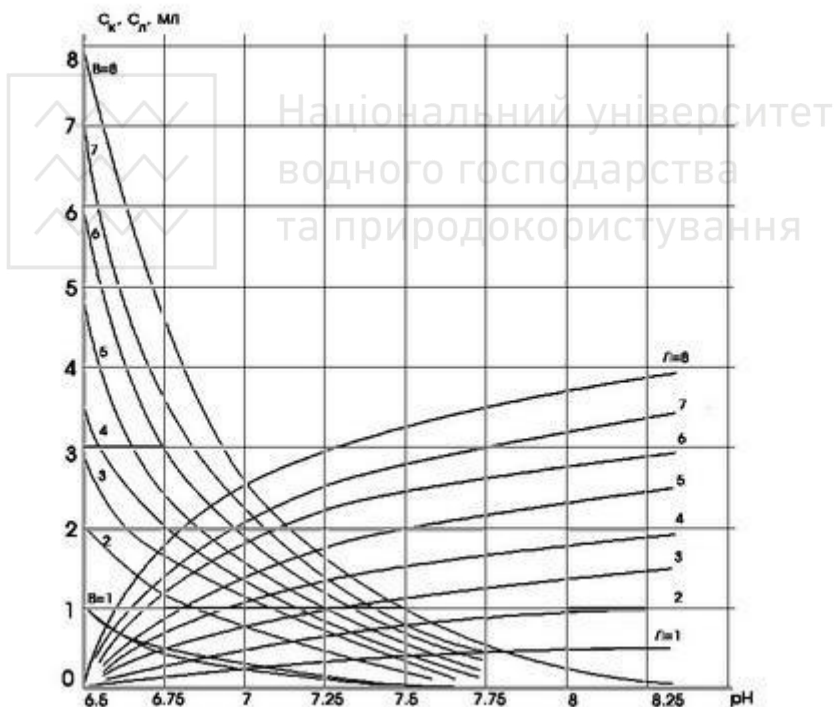


Рис 3.2. Номограма для розрахунку допустимої кількості кислих і лужних стічних вод, що спускаються в водойму



Для оцінки якості води на перспективу з умовою впливу антропогенного навантаження на водойми застосовуються різноманітні моделі прогнозування. Існують три стадії: ретроспективний аналіз, оцінка сучасного стану і прогноз. Складаючи прогноз слід встановити об'єкт прогнозування, виявити його зв'язки з іншими об'єктами для визначення умов, у яких він функціонує, виявити можливі зміни його характеристик (факторів впливу на формування якості річкової води за незначні проміжки часу).

До переліку речовин за якими складається прогноз рівня забрудненості води, слід включити:

- речовини, які в контрольному створі річки нижче випуску стічних вод частіше перевищують ГДК;
- речовини, які в умовах трансформації у водне джерело, обумовлюють суттєве його забруднення на певній ділянці;
- розчинені у воді кисень та БСК.

При визначенні речовин, що забруднюють ділянку річки, слід використовувати результати систематичних спостережень за розподілом забруднених речовин по довжині річки.

Для оперативного прогнозування рівня забрудненості водного об'єкту стічними водами необхідно мати:

- карти річкової мережі;
- перелік і точне знаходження на карті створів гідрологічних постів; створів де проводяться систематичні гідрохімічні спостереження викидів стічних вод;
- ділянок на яких водоспоживання залежить від якості води;
- дані про середні швидкості переміщення водних потоків між пунктами гідрологічних спостережень.

При цьому можливо використовувати три способи моделювання:

1. *Використання рівнянь балансу речовин.* Для прогнозів можливих несприятливих змін хімічного складу води водного джерела із заданою завчасністю: у випадку введення нових потужностей випусків неочищених або недостатньо очищених стічних вод; при аварійному скиді стічних вод, що відбувся.

Прогнози вмісту забруднюючих речовин у річковій воді максимально забрудненого потоку в заданому створі виконуються шляхом реалізації алгоритму оперативного прогнозування. Необхідна

Національний університет
гідрометричного та гідрологічного факультету
для спеціальності «Гідрометрія»
з спеціалізацією «Гідрометрія»
на приладокористування

інформація для складання оперативних прогнозів за рівняннями балансів отримується наступним чином: за витрату річки береться мінімальна витрата за даними місячних гідрологічних прогнозів. Фонові концентрації забруднюючих речовин вибираються за даними статистичних спостережень, при наявності результатів систематичних спос-тережень, за фонову можливо брати концентрацію речовин 50%-ної забезпеченості. Параметри, які характеризують ступінь перемішування річкових і стічних вод, визначають розрахунковим шляхом за осередненими гідрометричними даними, які повинні відповідати витраті води. Коефіцієнти, що враховують неконсервативність речовин, діапазон концентрацій в якому вони застосовуються визначають розрахунковим шляхом за результатами лабораторного або натурального моделювання.

При аварійному скиді стічних вод слід зібрати наступну інформацію:

- час початку і період аварійного скиду;
- характер випуску стічних вод;
- витрату або загальний об'єм скинутих стічних вод;
- перелік та концентрації забруднюючих речовин;
- основні гідрометереологічні дані в період виникнення

аварійної ситуації на водному об'єкті:

- 1- витрати води водотоків вище місця аварійного скиду стічних вод;
- 2- витрати води водотоків у створах гідрологічних постів, де можливе переміщення суміші скидів;
- 3- середні швидкості течії води в створі вище місця аварії;
- 4- середня ширина і глибина річкового потоку в створах постів.

2. *Використання методів статистики.* Обробка вихідної гідрохімічної інформації методом математичної статистики дозволяє прогнозувати вміст забруднюючих речовин в річковій воді із застосуванням можливої похибки розрахунку.

3. *Комбінований спосіб обробки гідрохімічної інформації.* В його основі лежить використання рівнянь балансу речовин, окремі параметри яких визначають за результатами систематичних спостережень з застосуванням математичної статистики. Застосовується цей спосіб для оперативного прогнозування забрудненості річкової води у будь-якому створі річки.



Самоочищення води водойм - це сукупність взаємопов'язаних гідродинамічних, фізико-хімічних, мікробіологічних і гідробіологічних процесів, що ведуть до відновлення першочергового стану водного об'єкту. Кожне водоймище – це складна система, де живуть бактерії, вища водна рослинність, різні безхребетні тварини. Сукупна їх діяльність забезпечує самоочищення водойм. Одна з природоохоронних задач підтримувати здатність самоочищення водойм від забруднень.

Фактори самоочищення водойм можна умовно поділити на три групи: фізичні, хімічні і біологічні.

Серед фізичних факторів першочергове значення має розбавлення, розчинення і перемішування забруднень, що надходять. Добре перемішування і зниження концентрацій зважених частинок забезпечується швидкою течією рік. Сприяє самоочищенню водойм осідання на дно нерозчинних осадів, а також відстоювання забруднених вод. В зонах з помірним кліматом ріка самоочищається через 200-300 км від місця забруднення.

Знезараження води проходить під впливом ультрафіолетового випромінювання Сонця. Ефект знезараження досягається прямим згубним впливом ультрафіолетових променів на білкові колоїди і ферменти протоплазми мікробних клітин, а також спорові організми і віруси.

Із хімічних факторів самоочищення водойм варто відмітити окислення органічних і неорганічних речовин. Часто дають оцінку самоочищення водойми по відношенню до легко окислюваної органічної речовини або по загальному вмісту органічних речовин.

Санітарний режим водойми характеризується перш за все кількістю розчиненого в ній кисню. Його повинно бути не менше 4 мг на 1 л води в будь-який період року для водойм першого або другого виду. До першого виду відносяться водойми, що використовуються для питного водопостачання підприємств, до другого – що використовуються для купання, спортивних заходів, а також, що знаходяться в межах населеного пункту.

До біологічних факторів самоочищення водойми відносяться водорості, плісняві і дріжджові грибки. Однак фітопланктон не завжди позитивно впливає на процеси самоочищення: в окремих випадках



масовий розвиток синьозелених водоростей в штучних водоймах можна розглядати, як процес самозабруднення.

Самоочищенню водойм від бактерій і вірусів можуть сприяти і представники тваринного світу. Так, устриця і деякі інші амеби адсорбують кишкові і інші віруси. Кожен молюск відфільтровує за добу більше 30 л води.

Чистоту водойм не можна уявити без охорони їх рослинності. Тільки на основі глибоких знань екології кожної водойми, ефективного контролю за розвитком його різних живих організмів можна досягти позитивних результатів, забезпечити прозорість і високу біологічну продуктивність рік, озер і водосховищ. Несприятливо на процеси самоочищення водойм впливають і інші фактори. Хімічне забруднення водойм промисловими водами, біогенними елементами (азотом, фосфором і ін.) гальмує природні окислювальні процеси, вбиває мікроорганізми. Теж відноситься і до випуску термальних стічних вод тепловими електростанціями.

Багатостадійний процес, інколи розтягується на тривалий час – самоочищення від нафти. В природних умовах комплекс фізичних процесів самоочищення води від нафти складається із ряду складників: випаровування; осідання комочків, особливо перевантажених наносоми і пилом; злипання комочків, зважених в товщі води; спливання комочків, що утворюють плівку з включеннями води і повітря; зниження концентрацій зваженої і розчиненої нафти (густина, в'язкість, коефіцієнт теплового розширення); наявність в воді колоїдів, зважених частинок, планктону і т.д.; температура повітря і сонячне освітлення.

Показники деградації водойми. До показників деградації водойми, в загальному випадку, можуть бути віднесені:

- **евтрофікація або евтрофікування** - процес збагачення водойм поживними речовинами, особливо азотом або фосфором, головним чином біогенного походження. В результаті відбувається поступове заростання озера і перетворення його в болото, заповнене мулом і рослинними залишками, що розкладаються, яке в кінці-кінців повністю висихає. В природних умовах цей процес займає десятки тисяч років, однак в результаті антропогенного забруднення протікає дуже швидко. Евтрофікація збільшується, коли ріст рослин в водоймі стимулюється азотом і фосфором, що міститься в насичених добривами „стоках” з сільськогосподарських угідь, в миючих речовинах і інших відходах. Води озера, що приймають ці стоки,



представляють собою родюче середовище, в якому відбувається бурний ріст водних рослин, що захоплюють простір, в якому звичайно мешкають риби. Водорості і інші рослини, відмираючи, осідають на дно і розкладаються аеробними бактеріями, використовуючи для цього кисень, що приводить до замору риби. Озеро заповнюється плаваючими і прикріпленими водоростями до інших водних рослин, а також дрібними тваринами, що ними харчуються. Синьозелені водорості, або ціанобактерії, роблять воду схожою на гороховий суп з дурним запахом і рибним смаком, а також покривають каміння слизистою плівкою.

- **руйнування берегової лінії** як наслідок природних або антропогенних процесів;
- **скупчення або надмірне розростання** (більше чим на 20 % від загальної площі водойми) водною рослинністю макрофітів;
- **зміна видового стада риб** в напрямку збільшення доли бур'яних видів;
- **поява більшої кількості донних червів;**
- **поява риб з патологіями** і інше.

Таким чином, оцінка по показникам деградації водойми включає різноманітні методи досліджень і підрахунку (з збиранням або відловом гідробіонтів), гідрохімічні виміри вмісту в воді сполук азоту і фосфору в формах нітратів, нітритів, амонійних органічних і неорганічних сполук, орто– і поліфосфатів і інше.

При оцінці деградації водойми необхідно проводити співставлення даних, отриманих протягом ряду років з виявом тенденцій в вимірах оцінюваних параметрів.

3.5. Системи штучного поповнення підземних вод

Нерівномірність розподілу річкового стоку по території України призводить до того, що на півдні країни, зокрема, в Херсонській, Миколаївській, Одеській областях та АР Крим водні ресурси є досить обмеженими. Крім того річки забруднені скидами неочищених стічних вод, а підземні водні горизонти засолені. Однією з альтернативних рішень розв'язання цієї проблеми є створення підземних водосховищ та систем штучного поповнення підземних вод (ШППВ).

Підземні водосховища створюються шляхом подачі та акумуляції поверхневих вод у підземних горизонтах (ПГ) з застосуванням



ШППВ. При цьому з поверхневих джерел поповнення (річки, озера, канали, водосховища) вода подається в ПГ через інфільтраційні басейни, майданчики, поглинальні свердловини. Забір води з ПГ здійснюється свердловинами, дренажними галереями, колодзями.

Підземні водосховища можуть бути багаторічного, сезонного, добового регулювання. Крім основного призначення - регулювання водних ресурсів і поліпшення якості води - підземні водосховища та системи ШППВ виконують наступні функції: підвищення продуктивності діючих підземних водозаборів, отримання води із сталими якісними характеристиками, усунення беззворотніх витрат води на випаровування, створення гідравлічних бар'єрів на шляху інгресії забруднених підземних вод, підвищення надійності систем водопостачання шляхом створення альтернативних джерел. Створення підземних водосховищ та систем ШППВ визначається потребою у воді гідрологічними та інженерно-геологічними умовами, наявністю джерел поповнення. В деяких випадках для запобігання забруднення підземних горизонтів поверхневими водами перед їх подачею до підземних горизонтів через систему ШППВ вони підлягають попередній очистці. Основним джерелом поповнення підземних вод у межах Херсонщини, Миколаївщини, Одещини є поверхневий стік великих, середніх та малих річок, іригаційних каналів, водосховищ, ставків, озер. Ці джерела повинні відповідати нормативним вимогам ГОСТ2761-84 „Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения” (гигиенические, технические требования и правила) Госстроя СССР – М. 1984. Якість води що подається споживачам для гос-подарсько-питних потреб повинна відповідати вимогам ГОСТ 2874-82”Вода питьевая”. Згідно цього слід враховувати якість води у джерелах поповнення. Вода великих річок прісна, гідрокарбонатна за якісними характеристиками придатна для ШППВ. В іригаційні канали вода забирається з великих річок (Дніпро, Дунай, Південний Буг) і Каховського водосховища, тому теж може бути використана для систем ШППВ на протязі року. Щодо якісного складу води малих річок (Ігул, Ігулець та ін.) то в літньо-осінній період та взимку мінералізація та забарвленість в них зростає і вода стає малоприсадною без попередньої очистки для поповнення. У Рівнинному Криму, єдиним джерелом поповнення може бути дніпровська вода, що подається в Крим по Північно-Кримському каналу при чому максимальне поповнення слід здійснювати навесні та восени коли водозабір на зрошення зменшується. Крім джерел

поповнення інший важливий пунктом при проектуванні систем ШППВ є гідрогеологічні та інженерно-геологічні умови. Найбільш сприятливими є умови створення підземних водосховищ та систем поповнення в долинах річок. Основним методом поповнення ШППВ є відкритий метод із застосуванням інфільтраційних басейнів, інфільтраційних площадок, затоплення заплав річок, а також сполучення інфільтраційних басейнів з поглинаючими свердловинами. На рисунку 3.3 наведена схема водозбору водопровідної станції Хардгоф, який є одним із чотирьох водозборів м. Цюріх. Для поповнення застосовується береговий інфільтрат, який надходить в піщано-гравійний шар із р.Лиммат, через систему 19 бурових колодязів розташованих вздовж берега річки. Вода хлорується (до 1.5 мг/л) та насосами подається в три інфільтраційні басейни, які обладнані каскадними аераторами та фільтруючим завантаженням. Загальна площа басейнів складає 1,2 га. Завантаження з гранульованого активованого вугілля товщиною шару 100мм, кварцового піску (по 1000мм). Середня швидкість інфільтрації складає 0,2 м/год. Інфільтрат з підземного резервуара відкачується променевими водозборами і подається на НС II-го підйому.

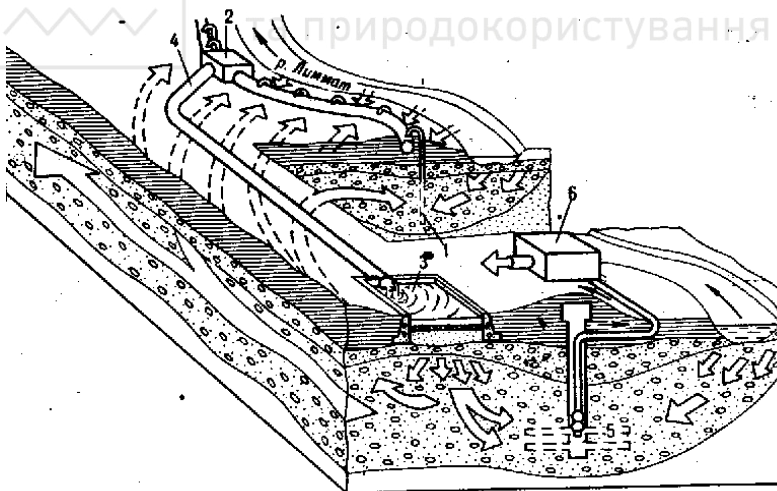


Рис.3.3. Схема водозбору з штучним поповненням підземних вод:

1-бурові колодязі для забору берегового інфільтрату; 2-насосна станція; 3-інфільтраційний басейн; 4-водовід; 5-променевий водозбір; 6-донна насосна станція II-го підйому.



3.5.1. Принципові схеми штучного поповнення підземних вод

Метод ШППВ дозволяє відкрити ряд важливих технічних задач в галузі господарсько-питного водопостачання, іригації, обводнення пасовищ, захисту водоносних горизонтів від антропогенного забруднення і засолення. Розглянутий метод дає можливість збільшення запасів води у підземних водоносних горизонтах, які підлягають експлуатації, за рахунок запасів води поверхневих джерел, або іншого водоносного горизонту, дозволяє збільшити продуктивність діючих водозаборів, що базуються на підземних водах, покращити якість як поверхневих так і підземних вод. В районах із незначною кількістю атмосферних опадів метод ШППВ забезпечує створення підземних водосховищ, які захищені від випаровування. Можливість штучного поповнення підземних вод визначається наявністю джерела поповнення і якістю води, гідро-геологічними та кліматичними умовами.

До складу споруд ШППВ входять споруди для забору води із джерел поповнення, попередньої підготовки та систем подачі води на інфільтраційні споруди, водозабірних споруд, та пристроїв для її подальшої очистки. Інфільтраційні споруди поділяються на: відкриті (басейни, канали, майданчики) та закриті (свердловини, колодязі, галереї). Найбільш розповсюдженою є типова схема ШППВ, яка представляє собою систему із декількох інфільтраційних басейнів і водозабору підземних вод із свердловин з однієї або обох сторін басейну. На рис. 3.4 наведена схема підземних водосховищ, які влаштовуються при наявності природних виступів у водоупорній основі або при штучно створених непрониклих завісах. Розглянута схема найбільш ефективна для застосування у водоносних горизонтах у долинах річок, при значних градієнтах потоку підземних вод та нерівномірними за часом атмосферними опадами.

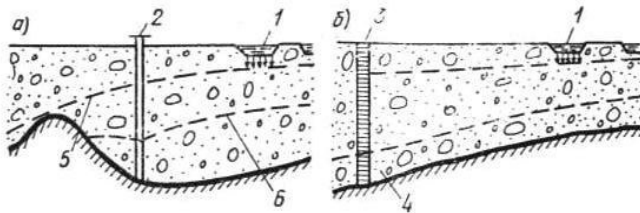


Рис. 3.4. Схеми підземних водосховищ

а) – огорожене природним водопроникним пластом; б) – з підземною греблею; 1- басейн; 2- водозабірна свердловина; 3- діафрагма; 4- водозбірна галерея; 5, 6- рівні підземних вод відповідно при повному заповненні і спрацюванні водосховища.

На рис. 3.5 наведено приклад створення лінз прісних вод у водоносних горизонтах підземних вод.

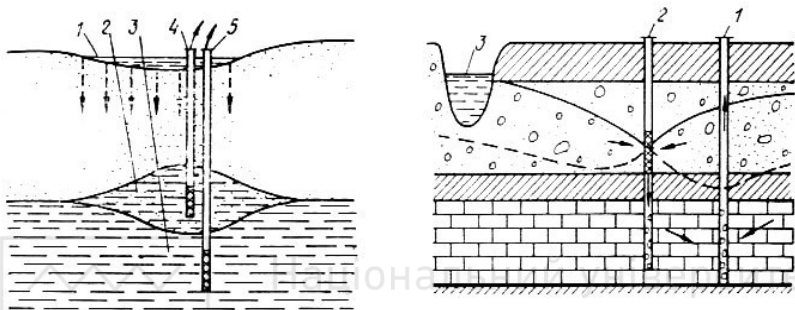


Рис. 3.5. Схеми лінз прісних вод у водоносних горизонтах підземних вод

3.5.2. Відкриті інфільтраційні споруди

Відкриті інфільтраційні споруди як правило використовуються для поповнення запасів підземних вод, першого від поверхні землі водоносного горизонту, який має кривлю із шарів слабопроникних порід малої потужності. Найбільше застосування в системах ШППВ знайшли інфільтраційні басейни. В якості відкритих інфільтраційних споруд можливо також застосовувати інфільтраційні канали, інфільтраційні майданчики, а також русла тимчасових та постійних водотоків. Інфільтраційні басейни мають, як правило, прямокутну форму в плані, та трапецеїдальний поперечний переріз.

На великих установках ШППВ застосовують басейни завширшки по дну 15-30 м, довжиною 200-400 м, глибиною 1,5-2,0 м. при наявності слабопроникних відкладень кривлі днища басейнів, останні врізають у породи, що мають значну фільтруючу здатність, на глибину не менше 0,5 м. загальна глибина басейну від днища до верха

відкоса повинна перевищувати глибину його наповнення не менш ніж на 0,5 м. Конструктивно інфільтраційні басейни влаштовують:

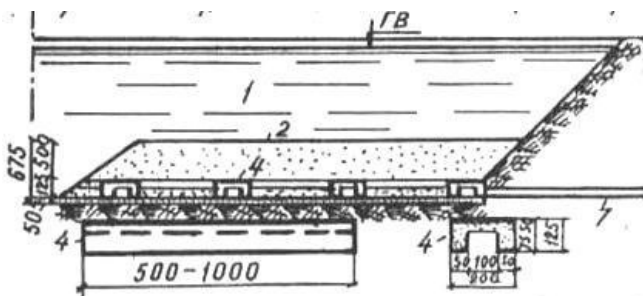
- 1 – без загрузки дна (рис. 3.6, а);
- 2 – із піщаним завантаженням дна (рис. 3.6, б);
- 3 – із гравійним завантаженням дна (рис. 3.6, в);
- 4 – із завантаженням дна та прокладенням дренажних труб (рис. 3.6,г).

Товщина піщано-гравійного завантаження становить 0,5-0,8 м, із середньою крупністю зерен 0,3...2 мм. Робочий цикл басейну включає період затоплення його дна, наповнення басейну до максимальних відміток при постійній інфільтраційній витраті, збереження незмінним рівня при поступовому зменшенні інфільтраційної витрати; спорожнення басейну та період його чисток.

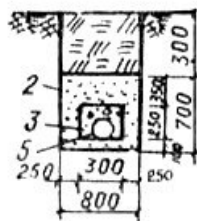
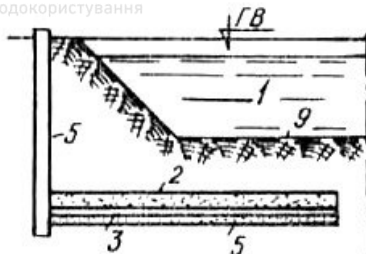
Для басейнів, які розташовуються в середньозернистих та крупнозернистих пісках з коефіцієнтом фільтрації від 10-20 до 60-80 м/добу, максимальна швидкість інфільтрації знаходиться в межах 1-3 м/добу.

Басейни, які розташовуються в дрібнозернистих пісках та супісках характеризуються мінімальними швидкостями інфільтрації до 0,5 м/добу.

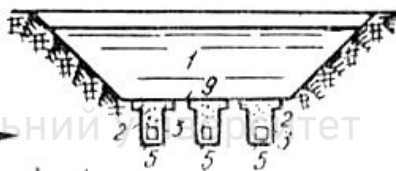
Щодо гравійно-галичникових порід, то інфільтраційна швидкість може досягти 20-30 м/добу.



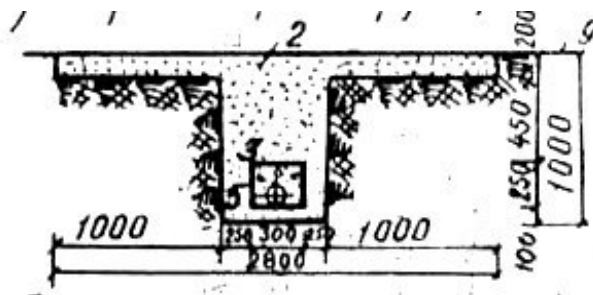
а) Водозабір типу „Повільний фільтр”



б) водозахоплюючий промінь



в) Горизонтальний підрусловий водозабір



г) Т-подібне фільтруюча засипка

Рис.3.6. Конструкції інфільтраційних басейнів

Водоводи слід проектувати в дві нитки, кожна з яких розраховується на пропуск 70% від розрахункової витрати, із



влаштуванням оглядового колодязя, поряд з водозабірними спорудами. При самопливній подачі води діаметр водоводу визначаємо із умови наповнення запасної ємкості на протязі одного місяця при одночасній подачі витрати на господарсько-питні потреби із врахуванням втрат води на фільтрацію та випаровування.

Розрахункова витрата води, л/с, по самопливному водоводу визначається за формулою:

$$Q_v = \frac{1000W_k}{30 \dots 45 \cdot 86400} + q_{\text{з.п.}}, \quad (3.37)$$

де W_k – об'єм запасного водоймища, м³, необхідного на період зупинки каналу, з врахуванням втрат води на фільтрацію та випаровування;

30...45 – кількість діб необхідних для заповнення запасного водоймища, на період зупинки каналу;

$q_{\text{з.п.}}$ – розрахункова секундна витрата на господарсько-питні та виробничі потреби, л/с.

Для прокладки водоводу можливо застосовувати сталеві або пластмасові труби.

Запасна ємкість.

Об'єм запасної ємкості, м³, (рис.3.7.) визначається із умови збереження води на господарські та виробничі потреби, втрат на фільтрацію, випаровування, на утворення льоду, об'єм завислих речовин, які випадають в осад за період між чищеннями ємкості, за формулою:

$$W_k = W_{\text{з.п.}} + W_{\text{ф}} + W_{\text{в}} + W_{\text{л}} + W_{\text{зав}}, \quad (3.38)$$

де $W_{\text{з.п.}}$ – запас води на господарсько-питні та виробничі потреби, м³; $W_{\text{ф}}$ – втрати води на фільтрацію, м³; $W_{\text{в}}$ – втрати води на випаровування, м³; $W_{\text{л}}$ – об'єм, який займає лобод в зимовий період, м³; $W_{\text{зав}}$ – об'єм завислих речовин, які випадають в осад за період між очищеннями ємкості, м³.

Запас води на господарсько-питні і виробничі потреби, м³, визначаються за формулою:

$$W_{\text{з.п.}} = (90 \dots 120)(Q_{\text{доб.з.п.}} + Q_{\text{доб.вир.}}), \quad (3.39)$$



де $Q_{доб.г.п.}$ – витрата води на господарсько-питні потреби в зимовий період, м³/добу; $Q_{доб.вир.}$ – витрата води та виробничі потреби, м³/добу; 90...120 – кількість діб, коли вода до каналу не надходить.

Втрати води на фільтрацію, м³, при площі дзеркала води в запасній ємкості F :

$$W_{\phi} = \kappa \cdot F, \quad (3.40)$$

де κ – коефіцієнт фільтрації, який дорівнює :

1,0-2,5 м/добу – середньозернисті;

0,1-1,0 м/добу – тонкозернисті;

0,1-1,0 м/добу – супіски;

0,01-0,1 м/добу – суглинки;

Втрати води , м³, на випаровування в зимовий період:

$$W_e = 0,05 \cdot F, \quad (3.41)$$

Об'єм криги, м³, що може утворюватися в запасній ємкості:

$$W_{л} = (0,3...0,7)F, \quad (3.42)$$

Об'єм завислих речовин, м³, які випадають в осад в період між чистками:

$$W_{зав.} = \frac{C Q_e}{\rho \cdot 1000}, \quad (3.43)$$

де C – концентрація завислих речовин у воді, мг/л; ρ – відносна об'ємна вага, 0,9; Q_e – об'єм води, що пройшла через секцію між частками, м³;

Розрахунок секції відстійника в запасній ємкості здійснюється за формулою:

$$l_c = 1,25 \frac{H \cdot V_c}{U_b}, \quad м \quad (3.44)$$

де l_c – довжина секції, що використовується в якості відстійника, м;

V_c – середня швидкість руху води в секції, м/с;

$$V_c = \frac{Q_p}{f_c}, \quad м/с; \quad (3.45)$$



де Q_p – розрахункова витрата води, що подається в секцію, $\text{м}^3/\text{с}$;

f_c – площа поперечного перетину секції, м^2 ;

U_v – швидкість осадження завислих речовин, $\text{м}/\text{с}$, приймається рівною гідравлічній крупності завислих речовин із розрахунку якості води на виході 5-8 $\text{мг}/\text{л}$. При відстоюванні води на протязі 90-120 діб до осаду випадають завислі речовини із гідравлічною крупністю $(1,6 - 6,4) \cdot 10^{-5} \text{ м}/\text{с}$;

H – глибина води в секції, м .

Запасну ємкість влаштовують із 2-3 секцій. Глибина води в секціях приймається 3,5...5 м .

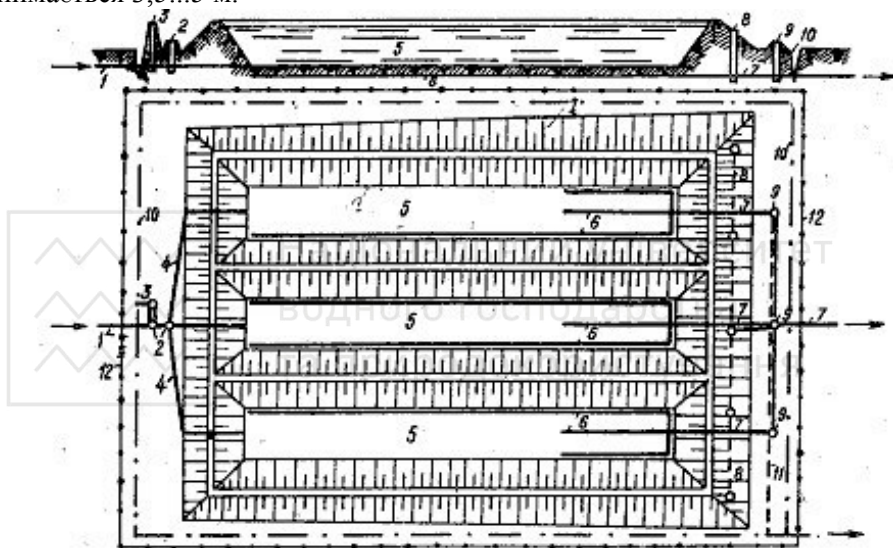


Рис. 3.7. Запасна земляна ємкість

1- водовід; 2- розподільчий колодязь; 3- колодязь – регулятор рівня;
4- розподільчі трубопроводи; 5- секції запасної ємкості;
6- горизонтальний підрусловий водозабір; 7- трубопроводи освітленої води; 8- горизонтальний придамбовий дренаж; 9- камера управління;
10- відкрита дрена; 11- трубопровід для скиду води із секції запасної ємкості; 12- зона санітарної охорони.

3.5.3. Інфільтраційні споруди

Горизонтальний підрусловий дренаж-водозабір. В днищі секції запасної ємкості для інтенсифікації отримання інфільтраційних вод

(рис. 3.8.) встановлюється підрусловий дренаж-водозабір, який представляє собою траншею глибиною 0,8...1,2 м, на дно якої насилається шар піску товщиною 100...150 мм, поверх якого вкладаються перфоровані пластмасові, керамічні трубофільтри. Отвори в трубах розташовуються в шаховому порядку через 150...200 мм. Діаметр отворів $d_0=10\ldots15$ мм.

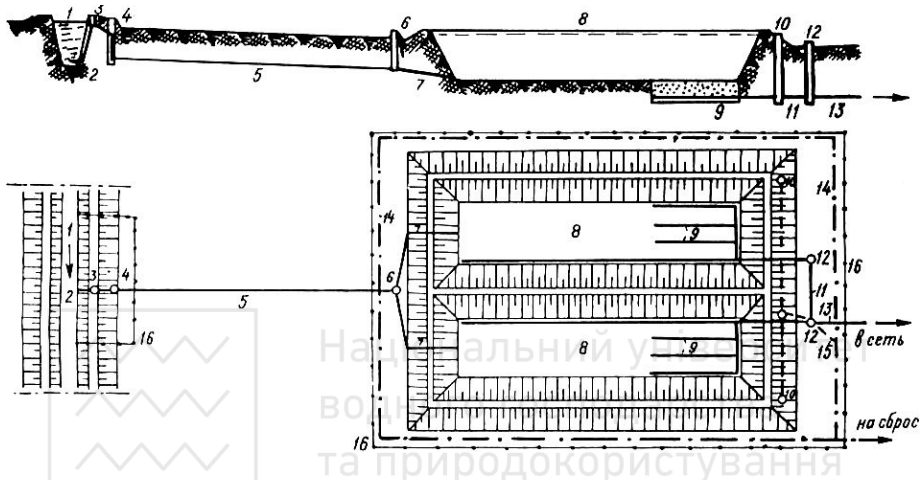


Рис 3.8. Водопровідні споруди з підрусловим дренажем – водозабором

1- канал; 2- оголовок водозабору; 3- зарядна камера; 4- водоприймальний колодязь; 5- водовод; 6- розподільний колодязь; 7- розподільні труби; 8-секції запасної ємності; 9- підрусловий дренаж – водозабір; 10- горизонтальний придамбовий дренаж – водозабір; 11- трубопроводи освітленої води; 12-камера управління; 13- водовод освітленої води; 14- відкрита дрена; 15- трубопровід для скиду води із секцій; 16- зона санітарної охорони.

Перфоровані труби обсыпается спочатку гравієм із розмірами зерен 8...32 мм, а зверху – шаром піску, крупністю фракцій 0,3...2,0 мм (рис. 3.9.). Товщина гравійної засипки складає 150...200 мм, піщаної – 900...1000 мм. В днищі секцій влаштовується декілька таких траншей, на відстані 4...10 м одна від одної.

Продуктивність підруслового горизонтального дренажу-водозабору визначається за формулою:



$$Q_{op} = \alpha \cdot L_o \cdot K_{\phi} \cdot q, \text{ м}^3 / \text{доб} \quad (3.46)$$

де α – коефіцієнт, який враховує загальну кальматацию засипки між її промивками, приймається рівним 0,75;

L_o – довжина під русловим дренажем, м;

K_{ϕ} – коефіцієнт фільтрації, який приймається в межах 0,35...1,0 м/добу.

$$q = \frac{H_{\phi} - (H_o - h_2)}{A}, \text{ м}^3 / \text{доб} \quad (3.47)$$

де H_{ϕ} – напір над водозабором від горизонту води в секції до поверхні труби, м;

H_o – напір у водозаборі, при атмосферному тиску, і подачі води в резервуар без напору, $H_o = 0$ м;

h_2 – глибина від дна секції запасної ємкості до лотка труби, м;

$$A = 0,371 \lg \left[\operatorname{tg} \left(\frac{\pi \cdot 4h_2 - d_{\phi}}{h} \right) \operatorname{ctg} \left(\frac{\pi \cdot d}{8 \cdot h} \right) \right], \quad (3.48)$$

де h – відстань від дна секції до водозабору, м; d_{ϕ} – діаметр труби водозабору, м.

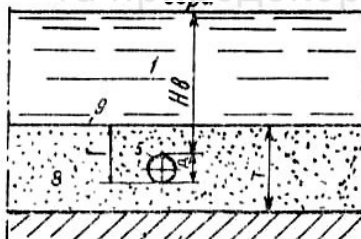


Рис. 3.9.Схема для розрахунку підрусового водозабору

3.5.4. Шахтні колодязі

Для каптажу інфільтраційних вод, які утворюються на майданчику запасної ємкості, в дамбах секцій при коефіцієнті фільтрації суглинків 0,3 м/добу і більше, можливо влаштувати шахтні колодязі (рис.3.10).



$$Q_H = \pi \cdot K_\phi \cdot S_n \left[\frac{2h_g - h_n}{2,3 \lg \frac{Rg}{R_{uu}}} + \frac{2R_{uu}}{\frac{\pi}{2} + \frac{R_{uu}}{l_k} \left(1 + 1,18 \lg \frac{Rg}{l_k} \right)} \right], \quad (3.49)$$

де S_n – пониження рівня води в колодязі при відкачці, м;
 h_g – глибина колодязя до дна від статичного рівня, м;
 l_k – відстань від дна колодязя до водопроводу, м.

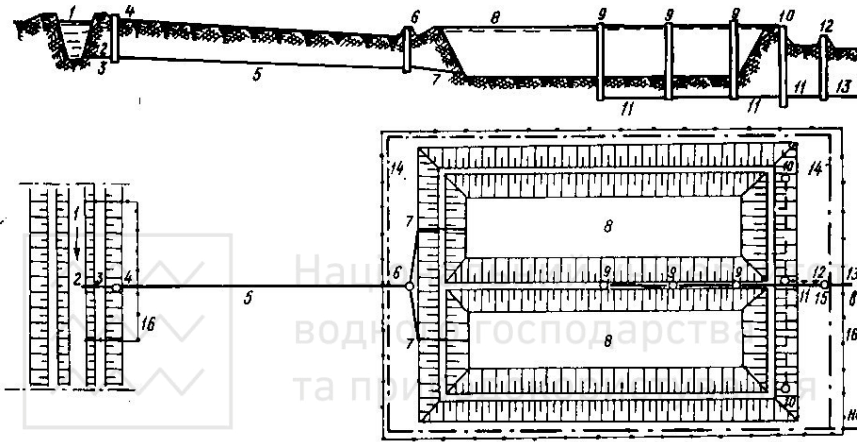


Рис. 3.10. Водопровідні споруди з шахтними колодязями

1-канал; 2- оголовок водозабору; 3- самопливний трубопровід;
 4- оглядовий колодязь з засувкою; 5- водовід; 6- розподільчий колодязь; 7- розподільчі труби; 8- секції запасної ємності; 9- бурові колодязі; 10- горизонтальний придамбовий дренаж – водозабір;
 11- трубопроводи освітленої води; 12- камера управління;
 13- водовод освітленої води; 14- відкрита дрена; 15- трубопровід для скиду води із секцій; 16- зона санітарної охорони.

Приток води, $\text{м}^3/\text{доб}$, до недосконалого шахтного колодязя із безнапірного пласта при надходженні її через дно та стінки за формулою С.К. Абрамова (рис. 3.11.): Дебіт удосконаленого шахтного колодязя, $\text{м}^3/\text{доб}$, в який вода надходить тільки через стінки визначається за формулою:



$$Q_c = \frac{1,37K(M^2 - h_6^2)}{\lg \frac{R_g}{R_u}}, \quad (3.50)$$

де M – потужність водонапірного шару, м.



**Рис. 3.11. Конструкція недосконалого шахтного колодзя.
Розрахункова схема**

3.5.5. Інфільтраційні майданчики

При розташуванні інфільтраційних споруд на рівнинному рельєфі місцевості, для отримання інфільтраційних вод застосовуються інфільтраційні майданчики (рис. 3.11.), які представляють собою сплановані карти розмірами 20х50 або 50х100 м, із насипом висотою 0,5-1,0 м. На дно насипається шар промитого піску товщиною 20...30 см, діаметром фракцій 0,3...1,0 мм. Заповнення майданчиків водою проводиться шаром 0,1...0,3 м, швидкість руху води приймається в межах 0,15...0,3 м/сек..

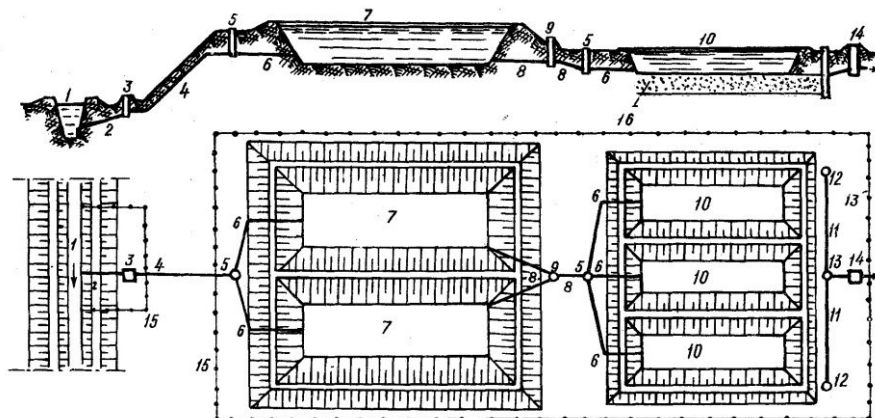


Рис.3.11. Водопровідні споруди з інфільтраційними басейнами.

1- канал; 2- всмоктуюча труба; 3- насосна станція першого підйому; 4- напірний водовід; 5- розподільчий колодязь; 6- розподільчі труби; 7- секції запасної ємності; 8- трубопроводи, які подають відстояну воду; 9- камера управління; 10- секції інфільтраційного басейна; 11- горизонтальний водозабір; 12- бурові колодязі; 13- збірний колодязь; 14- насосна станція другого підйому; 15- зона санітарної охорони; 16- добре фільтруючі ґрунти.

3.6. Схеми водопостачання і водовідведення промислових підприємств

Для запобігання забруднення навколишнього середовища, а також для досягнення економічного та екологічного ефекту система водопостачання промислових підприємств повинна бути, як правило, із зворотом води для всього підприємства або у вигляді замкнутого циклу для окремих цехів; при цьому необхідно передбачати очищення відпрацьованої води. Послідовна або прямоточна система подачі води на виробничі потреби зі скиданням очищених стічних вод у водойму допускається тільки при неможливості або недоцільності застосування системи зворотного водопостачання. При прямоточному водозабезпеченні (рис. 3.12.а) уся вода, що забирається з водойми $Q_{дж}$, після участі в технологічному процесі (у вигляді відпрацьованої) повертається у водойму, за винятком тієї кількості води, що беззворотно витрачається у виробництві $Q_{спож}$. Кількість стічних вод, що відводяться у водойму, $Q_{скид}$ складає:

$$Q_{скид} = Q_{дж} - Q_{спож} , \quad (3.51)$$

Стічні води в залежності від виду забруднень і інших умов перед скиданням у водойму повинні проходити через очисні споруди. У цьому випадку кількість стічних вод, що скидаються у водойму, зменшується, оскільки частина води відводиться зі шламом.

При схемі водопостачання з послідовним використанням води (рис. 3.12 б), що може бути двох-триразовим, кількість стічних вод, що скидаються, зменшується відповідно до втрат на усіх виробництвах і на очисних спорудах, тобто:

$$Q_{скид} = Q_{ож} - Q_1 + Q_2 + Q_{шт} , \quad (3.52)$$

Якщо в системі зворотнього водопостачання промислового підприємства вода є теплоносієм і в процесі використання лише нагрівається, то перед повторним застосуванням її попередньо прохолоджують у ставку, бризкальному басейні, градирні (рис.3.13 а); якщо вода служить середовищем, що поглинає і транспортує механічні і розчинені домішки, і в процесі використання забруднюється ними, то перед повторним застосуванням стічна вода проходить обробку на очисних спорудженнях (рис. 3.13 б); при комплексному використанні стічні води перед повторним застосуванням піддаються очищенню й охолодженню (рис. 3.13 в).

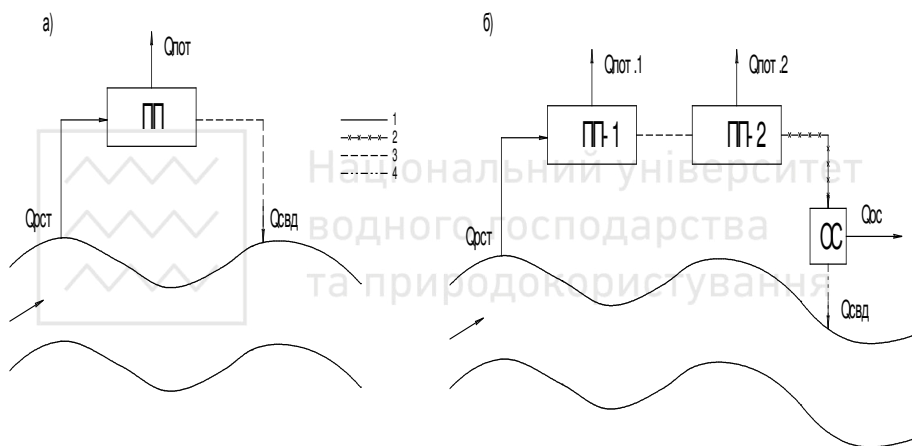


Рис. 3.12. Схеми водозабезпечення промислових підприємств

1-вода чиста свіжа, не нагріта; 2- стічна вода, нагріта ; 3- теж саме, забруднена і брудна; 4- теж саме, очищена; ПП, ПП-1 і ПП-2- промислові підприємства; ОС- очисні споруди ; $Q_{рст}$ - вода яка подається на промислові потреби; $Q_{пот1}$, $Q_{пот2}$ – вода, яка безповоротно використовується підприємствами ; $Q_{ос}$ – вода, яка видаляється зі шлаками; $Q_{свд}$ - вода, яка скидається в водойму.

При таких системах зворотнього водопостачання для компенсації беззворотніх втрат води у виробництві, на охолоджувальних установках (випаровування з поверхні, віднесення вітром, розбризкування), на очисних спорудах, а також втрат води, що

скидається в каналізацію, здійснюється підживлення з водойм і інших джерел водопостачання. Кількість підживлюючої води визначається за формулою:

$$Q_{\text{дж}} = Q_1 + Q_{\text{вип}} + Q_{\text{шл}} + Q_{\text{скид}}, \quad (3.53)$$

Підживлення систем зворотнього водопостачання може здійснюватися постійно і періодично. Загальна кількість води, що додається, складає 5 - 10 % загальної кількості води, що циркулює в системі.

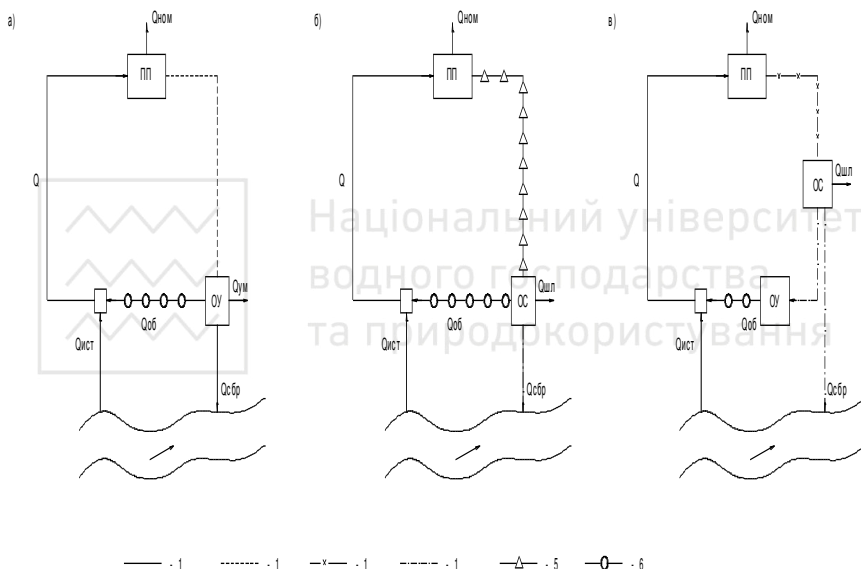


Рис. 3.13. Схеми зворотнього водопостачання промислових підприємств

а- з охолодженням стічних вод; б- з очисткою стічних вод; в- з очисткою і охолодженням стічних вод; 1- вода свіжа, чиста, не нагріта; 2- стічна вода, нагріта; 3- теж саме, не нагріта і брудна; 4- теж саме, очищена; 5- стічна вода, забруднена; 6- зворотня вода ; ОУ- охолоджуючі установки; $Q_{\text{дж}}$ - вода, яка подається на виробничі потреби; $Q_{\text{об}}$ - зворотня вода; $Q_{\text{нв}}$ - вода, яка втрачається на випаровування і вихід з охолоджуючих установок.



Ефективність використання води на промислових підприємствах оцінюється трьома показниками.

1. Технічна досконалість системи водопостачання оцінюється кількістю використаної зворотньої води $P_{зв}$, %:

$$P_{зв} = \frac{Q_{зв}}{Q_{зв} + Q_{дж} + Q_c} \cdot 100 \quad (3.54)$$

де $Q_{зв}$, $Q_{дж}$ і Q_c — кількість води, використовуваної відповідно в звороті, що забирається з джерела і що надходить у систему водопостачання із сировиною.

2. Раціональність використання води, що забирається з джерела, оцінюється коефіцієнтом використання $K_{вик}$:

$$K_{вик} = \frac{Q_{дж} + Q_c + Q_{сکید}}{Q_{дж} + Q_c} \leq 1 \quad (3.55)$$

3. Втрати води, %, визначаються по формулі:

$$P_{вт} = \frac{Q_{дж} + Q_c + Q_{сکید}}{Q_{дж} + Q_c + Q_{посл} + Q_{зв}} \cdot 100 \quad (3.56)$$

де $Q_{посл}$ — кількість води, використаної у виробництві послідовно.

Для систем водопостачання промислових підприємств рекомендується складати баланс води, що включає втрати на скидання і необхідне підживлення витрат води у систему.

Надходження води в систему здійснюється не тільки з джерел водопостачання і після повторного її використання, але також з вихідною сировиною і напівфабрикатами, з допоміжними речовинами (паливо, реагенти і т. п.), з атмосферними опадами (дош, сніг що станув), у вигляді шахтного або рудничного водовідливу, а також підземної (дренажної), інфільтраційної води й інше.

Загальний дефіцит води в системах водозабезпечення складається з витрат на беззворотне споживання (віднесення з продуктом і відходами), мийку, полив проїздів і насаджень, випаровування в охолоджувачах зворотньої води, віднесення з повітрям у вигляді крапель з охолоджувачів зворотньої води (рис 3.14), природне випаровування з водної поверхні, транспірацію рослинністю у водоймах, фільтрацію із системи в ґрунт, скидання зворотньої води у водойми при погіршенні її якості (продувка), скидання стічних вод у водойму.

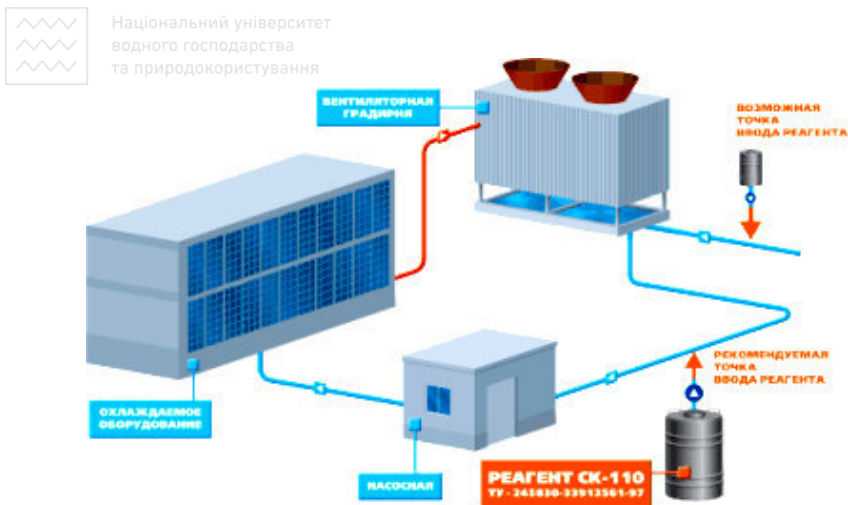
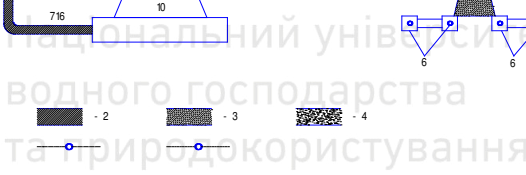


Рис. 3.14. Схема зворотнього водопостачання підприємства з використанням градирень

Беззворотнє споживання і втрати води у виробництві складаються з кількостей віднесеної з продуктом і з відходами води, обумовлених технологічним розрахунком.

Для дотримання водного балансу в системі водопостачання усі види втрат компенсують еквівалентною кількістю води, що додається. Для розрахунку систем водопостачання і водовідведення необхідно скласти графіки надходження стічних вод, а також графічні схеми водного балансу по кожному споживачу води на території промислового підприємства. У цих балансових схемах вказується кількість води, поданої кожному споживачу (апаратові, цехові, корпусові), що скидається кожним споживачем, що втрачається беззворотньо у виробництві, на охолоджувальних установках, очисних спорудах і т.п. У схемах, крім того, вказується: напрямок руху води; види водопровідних і водовідвідних комунікацій або категорії води, що транспортується по комунікаціях; розташування споживачів води, споруд по її охолодженню, очищенню тощо. Такі схеми складаються або в абсолютних кількостях циркулюючих вод за одиницю часу ($\text{м}^3/\text{добу}$, $\text{м}^3/\text{год}$), або в питомих витратах води на одиницю продукції або споживаної сировини ($\text{м}^3/\text{т}$). На рис. 3.15, як приклад, приведена балансова схема водоспоживання і водовідведення промислового підприємства.



1-господарсько виробничий водопровід; II, III –промислові водоводи з температурою води відповідно 12 і 22⁰С; IV - трубопровід зворотньої води t=35⁰С; V-побутова каналізація; VI, VII – каналізація промислових забруднених і незабруднених стічних вод; 1- артезіанська свердловина; 2,7,13 – камери засувки; 3, 8 – резервуари; 4 , 9- насосні станції II підйому; 5- водонапірна башня; 6 – артезіанські свердловини промислового водопроводу; 10 – градирня; 11 – насосна станція зворотньої води; 12 – резервуар охолодженої води; 14 –резервуар теплої води; 15 – виробничі корпуси.

1. вимоги до якості води, використовуваної в різних технологічних процесах, та їх кількість;



2. кількість, склад і властивості стічних вод окремих виробничих цехів і підприємства в цілому, а також режими водовідведення;
3. можливість скорочення кількості забруднених промислових стічних вод підприємства шляхом раціоналізації технологічних процесів;
4. можливість повторного використання виробничих стічних вод у системі зворотнього водопостачання або для технологічних нестатків іншого виробництва, де припустимо застосовувати воду більш низької якості;
5. доцільність витягу і використання коштовних речовин, що знаходяться в стічних водах;
6. можливість поділу виробничих стічних вод для повторного використання незабруднених у виробництві й обробки забруднених стічних вод;
7. можливість і доцільність спільного каналізування декількох близько розташованих промислових підприємств, а також можливість комплексного рішення каналізування промислового підприємства і населеного пункту;
8. можливість використання в технологічному процесі очищених побутових стічних вод;
9. можливість і доцільність використання виробничих стічних вод для зрошення сільськогосподарських і технічних культур;
10. доцільність локального очищення стічних вод окремих виробництв і цехів;
11. здатність водойми до самоочищення, умови спуску промислових стічних вод у неї і необхідний ступінь очищення цих вод за лімітуючими показниками;
12. доцільність застосування кожного методу очищення.

При варіантному проектуванні систем водовідведення промислового підприємства на підставі техніко-економічних показників приймається оптимальний варіант. Каналізування промислових підприємств, як правило, здійснюється по повній роздільній системі.

Виробничі стічні води в залежності від виду забруднюючих речовин і їхньої концентрації, а також від кількості стічних вод і місць їх утворення поділяються на декілька самостійних потоків: мало забрудненні, що містять один або кілька видів забруднень;



утримуючі, токсичні й отруйні речовини; кислоти; лужні; сильно мінералізовані, утримуючі олії і жири, волокно, ПАР і т.д. Незабруднені стічні води, як правило, поєднують в окремий потік.

Побутові стічні води, що утворюються на промисловому підприємстві, відводяться і очищаються окремо, якщо виробничі стічні води за своїм складом не потребують біологічного очищення. Спільне відведення побутових і виробничих стічних вод доцільно, якщо останні забруднені органічними речовинами, деградація яких можлива біологічним шляхом; при цьому концентрація токсичних домішок не повинна перевищувати гранично допустиму. Дощові води, що стікають з незабруднених територій промислового підприємства, відводяться окремою системою водовідведення або поєднуються з незабрудненими виробничими стічними водами і скидаються у водойму без очищення. Дощові води, що стікають з площадок для складування сировини, рідкого і твердого палива, олій, барвників і т.п., відводяться разом із забрудненими виробничими стічними водами і очищуються разом перед випуском у водойму.

Доцільність поділу або об'єднання окремих потоків стічних вод при проектуванні систем водовідведення промислового підприємства є одним з найбільш актуальних питань, від правильного рішення якого залежать кошторисна вартість будівництва і витрати на експлуатацію очисних споруд, надійність охорони водойм від забруднення і рентабельність основного виробництва.

Для деяких підприємств при техніко-економічному обґрунтуванні може бути запроєктована загальносплавна система (наприклад, при розташуванні підприємства в місті і наявності міської загальносплавної системи, рис. 3.16 а). На підприємствах, де виробничі стічні води по своєму складу близькі до побутового (наприклад, підприємства харчової промисловості), відвід стічних вод можна здійснювати двома мережами: виробничо-побутовою і дощовою.

У дощову мережу можуть скидатися і незабруднені виробничі стічні води (рис. 3.16 б). У більшості випадків виробничі стічні води очищати разом з побутовими не можна. Так, стічні води фабрик ПОШ містять значні концентрації вуглеводнів і жиру і волокна; стічні води гальванічних цехів, хром і ціаніди; стічні води виробництва кислот мають $\text{pH} < 2-3$ і т.д. У цьому випадку варто влаштовувати локальні прицеві очисні споруди: жировловлювачі, масловловлювачі, бензовловлювачі, нафтовловлювачі, смоловідстійники, волокнов-

ловлювачі, нейтралізатори, установки по знешкодженню стічних вод від хрому і ціанідів тощо. (рис. 3.16 в). Після локального очищення стічні води можуть поєднуватися й очищатися разом.

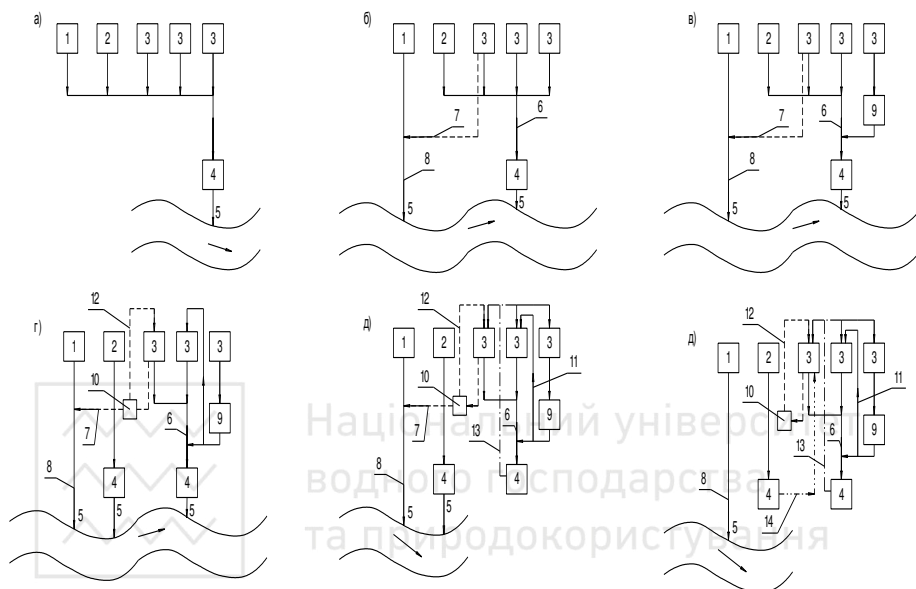


Рис. 3.16. Схеми водовідведення промислових підприємств:

а – загальної системи; б – роздільної системи з дощовою і виробничо-побутовою; в- теж саме і локальними очисними спорудами; г – роздільною системою з дощовою, побутовою і виробничими мережами, локальними очисними спорудами і частковим водообігом; д – теж саме, і повним кругообігом промислових стічних вод; е- роздільної системи безстічної каналізації; 1- дощові води; 2- побутові стічні води; 3- виробничі стічні води; 4- очисні споруди; 5- випуск у водойму; 6- сукупність побутових і забруднених виробничих стічних вод; 7- сукупність незабруднених промислових стічних вод; 8- сукупність дощових вод; 9- локальні очисні споруди; 10- споруди по охолодженню незабруднених стічних вод; 11,12- сукупність зворотнього водопостачання відповідно після локальної очистки забруднених і незабруднених стічних вод (після охолодження) промислових стічних вод; 13,14- сукупність зворотнього водопостачання після очистки відповідно забруднених промислових і побутових стічних вод.

Поділ виробничих стічних вод може бути продиктований санітарними причинами, пожежо- і вибухонебезпечністю, можливістю заростання та руйнування каналізаційних трубопроводів і т.д. Наприклад, об'єднання кислих стічних вод із сульфідними приводить до виділення сірчастого газу; зі стічними водами, що містять ціаніди, до утворення отрутої синильної кислоти (у вигляді газу); з віскозними до утворення сірковуглецю. Якщо об'єднати стічні води, що містять сірчану кислоту, зі стічними водами, що містять вапно, то утвориться сульфат кальцію, що випадає в осад, що приводить до заростання труб.

Недоцільно також об'єднання стічних вод, що містять значну кількість механічних домішок мінерального походження, а також нафту й олію, з побутовими стічними водами. Таке об'єднання ускладнює технологію очищення, перешкоджає можливості повторного використання виробничих стічних вод і вилучення з них коштовних домішок. Тому на більшості промислових підприємств (металургійної, хімічної, нафтопереробної, целюлозно-паперової, харчової промисловості) водовідведення проектується за повною роздільною системою (рис.3.16г) з будівництвом виробничої, побутової та дощової мереж.

У випадку розташування промислового підприємства або групи промислових підприємств у межах міської забудови або в безпосередній близькості від житлового масиву, що має централізовану систему водовідведення, необхідно в першу чергу розглядати питання про спільне відведення й очищення виробничих і міських стічних вод. При неможливості спільного очищення варто попередньо обробляти виробничі стічні води або на очисних спорудах, розташованих на території підприємства, або на загальних очисних спорудах.

При значному віддаленні об'єктів водовідведення один від одного питання про доцільність спільного або роздільного очищення стічних вод цих об'єктів вирішується шляхом техніко-економічного порівняння варіантів централізованої і децентралізованої схем водовідведення.

На рис.3.17 приведений приклад очисних споруд централізованої схеми водовідведення міста і групи промислових підприємств.

На об'єднані очисні споруди надходить 415 тис. м³/добу міських і 150 тис. м³/добу висококонцентрованих стічних вод від нафтопереробного комбінату, заводів синтетичного каучуку, пластмас і

ізоляційних матеріалів. Спільне повне біологічне очищення виробничих і міських стічних вод у двоступінчастих аеротенках-змішувачах дозволило знизити вартість будівництва і зменшити річні експлуатаційні витрати.

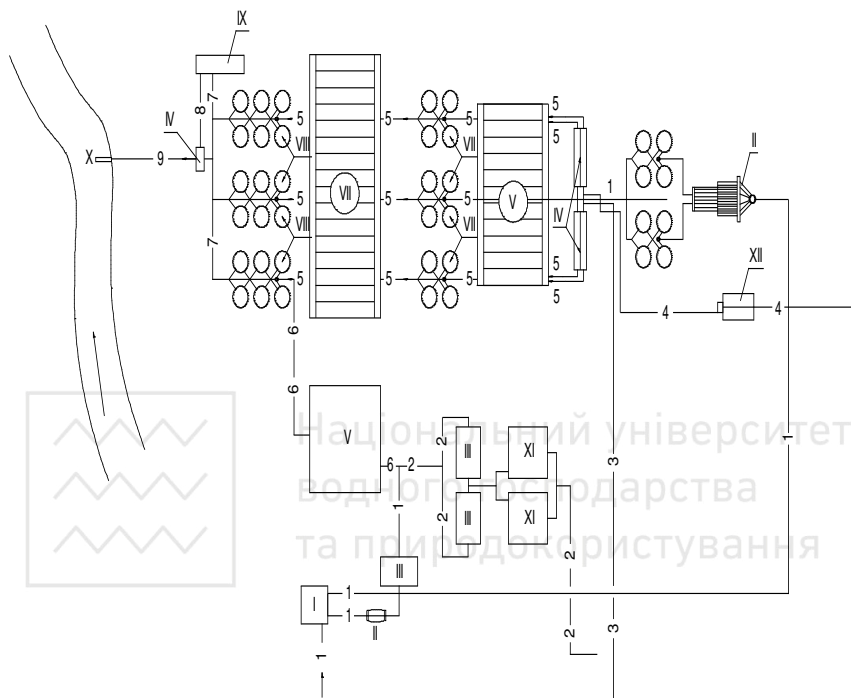


Рис. 3.17. Принципова схема очисних споруд групи промислових підприємств міста:

I- будівля решіток і насосної станції; II – піскоуловлювачі; III, VI, VIII – відповідно первинний, вторинний і потрійний відстійники; IV – змішувачі; V, VII – аеротенки відповідно I і II ступенів; IX- хлораторна; X- розсіючий випуск; XI- усереднювачі. Потoki: 1- міські стічні води; 2-стічні води заводу синтетичного каучуку; 3- теж саме, нафтопереробного комбінату; 4-теж саме, заводу пластмас і ізоляційних матеріалів; 5- стічні підприємств і міста; 6- стічні води заводу синтетичного каучуку і міста; 7-очищенні стічні води; 8- хлорна вода; 9- очищенні і знезаражені стічні води.

На рис. 3.18. приведено комплексні технологічні схеми водопостачання та водовідведення хімічного комбінату і міста.

При розробці схеми, приведеної на рис. 3.18б, було запроєктовано п'ять різних каналізаційних мереж з метою поділу і відведення стічних вод, що можуть бути використані у виробничому водообороті (стічні води з органічними забрудненнями, мало і сильно мінералізовані, незабруднені, дощові, побутові). У кожному виробництві були розроблені самостійні (локальні і кушові) водозворотні системи з пристроєм необхідних установок

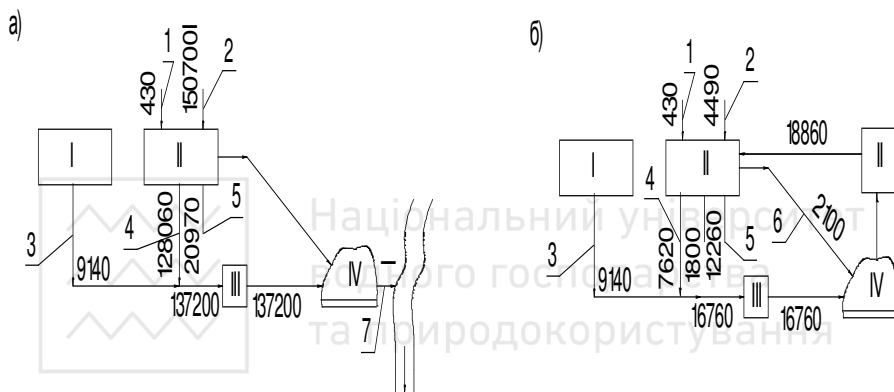


Рис. 3.18. Схеми балансу споживання води і використання стічних вод (витрати дані в м³/добу):

а - при скиді стічних вод в водойму; б- при доочистці і використанні стічних вод в системі промислового водопостачання; I- місто; II - хімічний комбінат; III – споруди біологічної очистки; IV- буферний ставок; V – споруди доочистки. Потоки: 1- питна вода; 2- свіжа вода; 3,4 – відповідно міські і забруднені промислові стічні води; 5 – втрати води у виробництві; 6 – незабруднені промислові стічні води і дощові стоки; 7 – оброблені стічні води; 8 –концентровані стічні води.

Передбачено установки по опрісненню сильно мінералізованих стічних вод, отриманню товарної продукції при утилізації відходів, глибокому очищенню біологічно очищених стічних вод, а також



загальні споруди по спільному біологічному очищенню стічних вод комбінату і міста. Кратність повторного використання води в промисловому водозвороті складає 150. Шляхом впровадження цієї комплексної схеми споживання хімічним комбінатом свіжої води зменшилося в 33 рази, а його сумарний стік на біологічні очисні спорудження скоротився майже в 17 разів.

Усі стічні води, що утворюються на території промислового підприємства, транспортуються по системі труб і каналів. Вибір системи транспортування і схеми водовідведення залежить від кількості, складу і властивостей стічних вод, а також від місцевих умов.

Найбільше поширення одержала замкнута водовідвідна мережа. Стічні води, небезпечні в санітарному відношенні, а також утримуючі вибухо- і пожеже небезпечні домішки, транспортуються тільки по закритій мережі трубопроводів.

Підприємства частіше каналізуються за централізованою схемою, однак при визначених умовах можливе застосування і децентралізованої схеми.

3.7. Вимоги до якості води використовуваної повторно в промисловості

Вимоги до якості використовуваної для виробничих потреб води в кожному конкретному випадку залежать від її призначення і технологічного устаткування. Вода, може відігравати роль сировини, розчинника, що поглинає або транспортує середовища, теплоносія й ін. За вимогами до якості технічну воду можна класифікувати.

1. Вода, до якості якої не пред'являються технологічні вимоги.
2. Вода, очищена до якості води відкритих джерел, які використовуються звичайно для технічного водопостачання без додаткової обробки.
3. Вода, очищена до якості питних стандартів.
4. Вода після глибокої очистки.

За даними американських спеціалістів, стічні води після біологічного очищення характеризуються наступними середніми показниками вмісту, мг/л: магнію –5-10; кальцію 10-20; оксиду кремнію-10-20; фосфатів – 15-20; нітратів азоту –1-20; азоту амонійного-2-20; хлоридів-25-125; сульфатів-10-40; розчинних органічних речовин -10-50; загальний вміст розчинних речовин – 150-

500. З цих даних слідує, що існуючими методами глибокої очистки стічних вод і водопідготовки можна досягнути потрібної якості води.

Так, для підживлення охолоджених систем зворотнього водопостачання замість води відкритих джерел можна використовувати біологічно очищені стічні води з глибоким очищенням їх на фільтрах із зернистим завантаженням, іноді з застосуванням коагулянтів.

Припустима концентрація суспензії в охолоджуючій воді, що циркулює в зворотніх системах водопостачання, у першу чергу залежить від прийнятої швидкості руху води в теплообмінних апаратах (рис. 3.19). Якщо концентрація суспензії перевищує допустиму межу, то зворотню і підживлюючу воду піддають очищенню від завислих речовин. Слід мати на увазі, що завислі речовини, які накопичуються в озворотній воді теплообмінних систем, є центрами кристалізації солей жорсткості й одночасно є цементуючою основою для відкладень карбонату кальцію на стінках теплообмінних поверхонь і трубопроводів.



Рис. 3.19. Залежність допустимої концентрації суспензії в охолоджуючій воді від швидкості руху води в теплообмінних апаратах

Зворотня вода теплообмінних систем водопостачання так само, як і вода, використовувана в послідовно включених системах прямоточного водопостачання, повинна зберігати термостабільність, тобто її нагрів не повинний приводити до виділення на теплообмінних



поверхнях відкладень карбонатів кальцію і магнію. Оскільки концентрація карбонатів у воді визначається умовою рівноваги



то кристалізація солей жорсткості на поверхнях теплообміну відбувається в результаті зниження розчинності CO_2 при нагріванні і зникненні частини CO_2 на градирнях у процесі охолодження води (зменшення парціального тиску вуглекислоти).

У більшості зворотніх систем теплообмінного водопостачання карбонатна жорсткість води повинна знаходитися в межах 2-7 мг·екв/л і, як правило, складати 2,8-3,0 мг·екв/л. Для оцінки термостабільності зворотної води застосовують шестибальну шкалу (табл. 3.3).

Таблиця 3.3. Шестибальна шкала термостабільності води

Група термостабільності	Швидкість карбонатних відкладень		Бал термост.
	г/м ² · год	мм/міс	
I – ідеально термостабільна	0	0	1
II – термостабільна	<0,3 0,3-1,5	<0,1 0,1-0,5	2 3
III – обмежено термостабільна	1,5-3 3-15	0,5-1 1-5	4 5
IV - нетермостабільна	>15	>5	6

Вода не повинна викликати корозії вуглецевої сталі й інших металів, використовуваних у теплообмінній апаратурі і комунікаціях. Для оцінки корозійної стійкості металів застосовують десятибальну шкалу (табл. 3.4). У табл. 3.5 приведені дані, що характеризують корозійну активність зворотної охолоджуючої води стосовно вуглецевої сталі.

Нагріта в теплообмінних апаратах зворотня вода охолоджується в градирнях, бризкальних басейнах чи інших пристроях і циркуляційних насосах знову подається в цикл (рис. 3.18).

При цьому вона багаторазово і послідовно піддається різним фізико-хімічним впливам - змінює температуру, аерується, випаровується, у деяких випадках забруднюється. У результаті зворотня вода частково губиться унаслідок випаровування і краплинного виносу в атмосферу. Випаровування частини води викликає поступове підвищення її мінералізації. Часто при цьому порушується стабільність: вода стає корозійно-активною або здатною до відкладення мінеральних солей, поступово в ній накопичуються пил і продукти корозії.

Таблиця 3.4. Десятибальна шкала корозійної стійкості металів у воді

Група стійкості металу у воді	Швидкість корозії, $\text{г/м}^2 \cdot \text{год}$	Проникність корозії, мм/рік	Бал корозійної стійкості
I - ідеально стійкі	<0,0009	<0,001	1
II - дуже стійкі	0,0009-0,0045	0,001-0,005	2
	0,0045-0,009	0,005-0,01	3
III – стійкі	0,009-0,045	0,01-0,05	4
	0,045-0,09	0,05-0,1	5
IV – відносно стійкі	0,09-0,45	0,1-0,5	6
	0,45-0,9	0,5-1	7
V – малостійкі	0,9-4,5	1-5	8
	4,5-9,1	5-10	9
VI – нестійкі	>9,1	>10	10

У звичайних системах зворотнього водопостачання, де циркулююча вода не забруднюється технологічними продуктами, підвищення мінералізації запобігається продувкою (скиданням частини зворотньої води) і поповненням системи підживлюючою водою.

На хімічних підприємствах продувка ускладнюється тим, що в систему зворотнього водопостачання попадають різні продукти вироблення підприємства. Внаслідок цього води, що скидаються при продувці зворотніх систем водопостачання хімічних підприємств,

виявляються істотно забрудненими, через що навіть після очисних споруд їхнє скидання жорстко обмежується. Варто мати на увазі, що корозійна стійкість теплообмінної апаратури і комунікацій надійно забезпечується лише при дотриманні оптимального вузького інтервалу рН і при невисоких концентраціях солей у воді. Тому на хімічних підприємствах для таких систем рекомендується застосовувати корегування рН зворотньої води шляхом підкислення або часткового Н-катионування, а також здійснювати заходи, що знижують інтенсивність зростання солевмісту [22]

Таблиця 3.5. Дані для орієнтованої оцінки агресивності (корозійності) зворотньої охолоджуючої води по відношенню до вуглецевої сталі

Найменування показників	Одиниця виміру	Показники для слабоагресивной води (корозійна стійкість металу 5-6 балів)	Умови збільшення агресивності
Сумарна концентрація Cl^- і SO_4^{2-}	мг/л	≤ 100	> 100
Загальний концентрація розчинених солей (сухий залишок)	"	≤ 500	> 500
Карбонатна жорсткість води	мг·екв/л	$> 2,5$	$< 2,5$
рН	-	6-9	< 6 чи > 9
Концентрація розчиненого кисню	мг O_2 /л	4-6	> 6

В залежності від якості вихідної води і вимог, пропонованих до якості споживаної води, частина загальної витрати зворотньої води може піддаватися обробці (зм'якшенню, знесоленню, видаленню суспензій і т.п.) з наступним поверненням її в систему. У безстічних (замкнених) системах водопостачання підприємств замість свіжої води використовують доочищену до норм якості технічної води суміш промислових і побутових стічних вод, що попередньо пройшли



3.8. Методи очищення води і стічних вод, використовуваних для підживлення замкнутих зворотніх систем теплообмінного водопостачання.

Формування сольового складу води в зворотніх системах водопостачання і стабілізація іонного складу зворотньої води

При експлуатації циркуляційних систем водопостачання промислових підприємств дуже важливо знати динаміку зміни у воді концентрації окремих іонів і загального солемісту. Підвищення концентрації солей може викликати процеси корозії теплообмінних систем і комунікацій. Зміна концентрації іонів у циркуляційній воді залежить від умов експлуатації системи, тобто від величини продувки і методу обробки підживлюючої води, а також від якості води у водоймі-охолоджувачі. Концентрацію іонів у циркуляційній воді в $г/м^3$ до кінця річного циклу визначають за формулою 3.57 [22]:

$$C_k = \frac{2[W_o C_o + A + W_{cm} C_{cm} + W_{ce} C_{ce} + C_n (W_{ei} + W_{di} + W_{fi} + W_{np} + W_{cn} - W_{oc} - W_{cm} - W_{ce})] C_o (W_{fi} + W_{np} + W_{cn})}{2W_o + W_{fi} + W_{np} + W_{cn}}, \quad (3.57)$$

де W_o – об'єм води у водоймі-охолоджувачі, млн. $м^3$; C_o – концентрація солей чи іонів у водоймі-охолоджувачі на початку річного циклу, $г/м^3$; A – кількість шуканих іонів (наприклад, хлоридів, сульфатів, кальцію, магнію, заліза), що вводяться у водойму-охолоджувач протягом року за рахунок обробки всього циркуляційного потоку чи його частини реагентами (хлорування, підкислення, коагулювання і т.д.); W_{cm} – річний обсяг води, що надходить у водойму за рахунок стоку, млн. $м^3$; C_{cm} , C_{ce} – середня концентрація солей чи іонів у водах, що надходять у водойму з площі водозбору, а також у водах, що скидаються у водойму-охолоджувач, $г/м^3$; W_{ce} – річний обсяг стічних вод, що надходять у циркуляційну систему, млн. $м^3$; C_n – концентрація шуканого іона через n розрахункових циклів, $г/м^3$; W_{ei} , W_{di} , W_{fi} , W_{np} , W_{cn} – річний обсяг води, що втрачається з водойми-охолоджувача відповідно за рахунок природного, додаткового випаровування, фільтраційних витоків, продувки, а також води, що втрачається на власні нестатки водоочистних установок і виведеної з циркуляційної системи, млн. $м^3$; W_{oc} – річний



обсяг води, що надходить у водойму-охолоджувач за рахунок атмосферних опадів, млн. м³.

При надходженні в зворотню систему продуктів хімічних виробництв з'являється необхідність у коректуванні рН циркуляційної води. Найбільш простим способом регулювання рН циркуляційної води є підкислення чи підлучення води, що веде до збільшення загального солемісту. Іншим способом зміни рН циркуляційної води є часткове Н-катионування або ОН-аніонування з наступним зміщенням фільтрату з основним потоком води.

Вибір способу зниження рН циркуляційної води залежить від припустимої концентрації в ній сульфат-іонів. При можливості продувки циркуляційної системи застосовують порівняно дешевий метод підкислення води сірчаною кислотою, при обмеженні продувки часткове Н-катионування або комбінацію його з підкисленням, при повній відсутності продувки тільки часткове Н-катионування. Необхідна кількість води, при Н-катионуванні для зниження рН, визначають за формулою:

$$\alpha = \frac{44\text{Щ}_n \cdot 10^{pK - pH_c - CO_2^H}}{CO_2^K - CO_2^H + 44K + 44(\text{Щ}_n + K) \cdot 10^{pK - pH_c}}, \quad (3.58)$$

де α - кількість Н-катионованої води в частках від загальної витрати циркуляційної води; Щ_n - лужність води у водоймі-охолоджувачі, мг-екв/л; pK - негативний логарифм константи першої ступіні дисоціації вугільної кислоти, значення якого залежать від температури води:

t, °C	0	10	20	25	30	40	50	60	70	80
pK	6,58	6,48	6,39	6,37	6,34	6,31	6,3	6,29	6,3	6,31

pH_c - шукана величина рН загальної витрати циркуляційної води після змішання з Н-катионованою водою; CO_2^H - концентрація вільної вуглекислоти у воді водойми-охолоджувача, мг/л (при відсутності значень цього показника в аналізах їх можна одержати по номограмі, приведеної на рис.4.20); $CO_2^K = 44\text{Щ}_n$ - концентрація вільної вуглекислоти в Н-катионованій воді, що виділяється в результаті розпаду бікарбонатів у процесі Н-катионування, мг/л; K - кислотність

Н-катионованної води, мг-екв/л, що залежить від концентрації аніонів сильних кислот і обумовлена з вираження:

$$K = \frac{[SO_4^{2-}]}{48.03} + \frac{[Cl^-]}{35.48} + \frac{[NO_3^-]}{62}; \quad (3.59)$$

де $[SO_4^{2-}]$, $[Cl^-]$, $[NO_3^-]$ - концентрації зазначених аніонів. Формула (4.60) справедлива в широкому діапазоні значень рН циркуляційної води ($pH > 5$). Величину a рекомендується підраховувати для середніх значень рН і лужності води за весняно-літній період (квітень - вересень); при цьому варто перевіряти умови роботи іонообмінних фільтрів при максимальних значеннях рН і лужності води у водоймі-охолоджувачі.

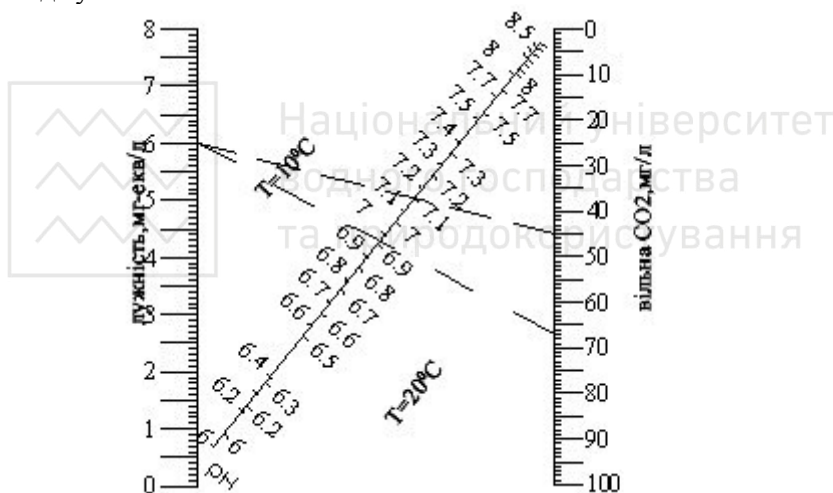


Рис.3.20. Залежність концентрації вільної вуглекислоти від рН і лужності води

Внаслідок вилучення з води катіонів при Н-катионуванні відбувається розкладання аніонів бікарбонату з виділенням вільної вуглекислоти, результатом чого є поступове зниження солевмісту у циркуляційній воді. Зміна концентрації будь-якого іона протягом заданого терміну визначають за формулою:



$$C_n = (-\alpha\zeta - \gamma)^n C_0 + \frac{1 - (-\alpha\zeta - \gamma)^n}{\alpha\zeta - \gamma} \beta \cdot C_{cp}, \quad (3.60)$$

де C_n - концентрація іона в циркуляційній воді через n розрахункових циклів, г/м³; C_0 - концентрація цього іона в початковий період, г/м³; C_{cp} - середня за розглянутий період концентрація іона в підживлюючій воді, г/м³; $\alpha = W_k/W_0$ - відношення об'єму Н-катионованої води до об'єму води у водоймі-охолоджувачі; ζ - коефіцієнт витягу іона, що видаляється, на іонітових фільтрах (величина його залежить від умов експлуатації Н-катионітових фільтрів і може прийматися в межах 0,7-0,8);

$\gamma = W_y/W_0$ - відношення об'єму води за розрахунковий період до об'єму води у водоймі-охолоджувачі ($W_y = W_{e.u} + W_{o.u} + W_\phi + W_{np} + W_{c.n}$);

$\beta = W_n/W_0$ - відношення об'ємів підживлюючої води і води водойма-охолоджувача.

Приклад. Підрахувати зміну концентрації іонів сульфату для умов, коли продувка системи неможлива, тобто $W_{np} = 0$. Підкислення здійснюється частковим Н-катионуванням. У цьому випадку іони сульфату вводяться в систему тільки внаслідок коагулювання суспензії.

Дано: річні об'єми води, млн. м³: $W_{cm} = 0,5$, $W_{e.u} = 5$, $W_{o.i} = 2$, $W_\phi = 2,5$, $W_{c.n} = 4$, $W_{oc} = 2$, $W_{cv} = 0$, $W_0 = 15$. Концентрації, г/м³: $C_0 = 179$, $C_{cm} = 160$, $C_n = 30$. Кількість води, що піддається коагулюванню сірчаноокислим алюмінієм, $Q = 30$ млн. м³/рік. Доза сірчаноокислого алюмінію $b = 15$ г/м³. Концентрація сульфат-іона в сірчаноокислому алюмінії - 0,84.

Кількість сульфат-іона, що вводиться у водойму-охолоджувач протягом року за рахунок обробки всього циркуляційного потоку чи його частини сірчаноокислим алюмінієм,

$A = 0,84$; $Qb = 0,84 \cdot 30 \cdot 15 = 378$ т/рік. Тоді за формулою (3.47):

$$C_k = \frac{[5 \cdot 179 + 378 + 0,5 \cdot 160 + 30(-2 + 2,5 + 4,0 - 2 - 0,5)] - 179(-2,5 + 4)}{2 \cdot 15 + 2,5 + 4} = 158 \text{ г/м}^3.$$

Результати розрахунків:

Рік	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Ск, г/м ³	158	145	137	131	128	126	124	123	123	123



Протягом останніх трьох років спостерігається стабілізація іонної концентрації сульфатів, тому подальші підрахунки можна припинити.

В окремих системах оборотного водопостачання в основу розрахунку величини продувки може бути покладена теоретична рівність коефіцієнта розпарювання k_y , обчисленого по збільшенню в оборотній воді загального солевмісту, хлоридів, лужності, жорсткості, а також співвідношення величин добавки і винесення води з продувкою і розбризкуванням у середині системи.

Коефіцієнт розпарювання:

$$k_y = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{P_2 + P_3}, \quad (3.61)$$

де $P_1 = k\Delta t$, P_2 , P_3 - відповідно втрати води на у градирнях, на винесення вітром і продувна витрата, % загальної продуктивності системи; k - коефіцієнт, що враховує частку тепловіддачі випаровуванням до загальної теплопередачі [38]. Δt - перепад температур у процесі охолодження на градирнях, °C.

Рівність $k_x = k_{из} = k_{жс} = k_y$ (k_x , $k_{из}$, $k_{жс}$ - коефіцієнти розпарювання по хлоридах, луку, жорсткості) зберігається за умови виключення кристалізації солей тимчасової жорсткості в системі зворотнього водопостачання. Зазначений випадок можливий при декарбонізації добавки води, тобто при повному або частковому її зм'якшенні.

При відсутності виділення солей жорсткості в оборотній системі водопостачання загальний солевміст визначається за коефіцієнтом розпарювання:

$$C_{об} = k_y C_{\partial}, \quad (3.62)$$

де C_{∂} - загальний солевміст підживлюючої води, мг/л. Приріст концентрації хлоридів в зворотній системі.

$$\Delta X = X_{об} - X_{\partial}, \quad (3.63)$$

де $X_{об}$ і X_{∂} - концентрація хлоридів у додатковій і зворотній воді, мг/л.

Вода що використовується для підживлення при замкнутому зворотньому водопостачанні, власне кажучи, являє собою суміш свіжої (звичайно проясненої і зм'якшеної) води і стабілізаційної витрати. Тому іонний склад її визначається складом і об'ємним співвідношенням обох компонентів суміші:



$$C_{\partial} = \frac{C_{ум} (P_1 + P_2) + C_u P_1}{P_1 + P_2 + P_3}, \quad (3.64)$$

де $C_{ум}$ - солевміст зм'якшеної свіжої підживлюючої води, мг/л;
 C_u - солевміст води стабілізаційної витрати, мг/л, після іонообмінного коректування мінерального складу й освітлення.

Для попередніх розрахунків величину P_3 приймають 0,2-0,5% і потім уточнюють за формулою:

$$P_3 = \frac{C_{\partial} k \Delta t - \Delta C P_2}{\Delta C}, \quad (3.65)$$

де ΔC - приріст концентрації солей, мг/л.

Якщо зворотня вода стабільна і не забруднюється солями, що попадають з технологічних розчинів через різні нещільності в теплообмінній апаратурі, то загальний солевміст у ній знаходять з огляду на коефіцієнт розпарювання.

Критерієм задовільної якості зворотньої води є відповідність загального солевмісту й окремих іонів гранично припустимим концентраціям, перевищення яких приведе до інтенсивної корозії або до інкрустації теплообмінних поверхонь трубопроводів і арматури. Гранично припустима концентрація CaCO_3 визначається його розчинністю при температурі зворотньої води. Концентрація іонів Ca^{2+} , компенсованих іонами HCO_3^- , а також концентрація цих іонів безпосередньо не нормується. Гранично допустимі концентрації їх в зворотній воді залежать від теплового режиму системи і застосованих матеріалів. Тому визначають їх у кожному конкретному випадку по попередніх корозійних іспитах у розчинах, що моделюють зворотню воду, або на підставі експлуатаційних даних аналогічних діючим у промислових системах зворотнього водопостачання.

Прогноз сольового складу і концентрації солей зворотньої води має важливе значення при оцінці корозійної дії її на метал теплообмінної апаратури і комунікацій, а також при оцінці можливості відкладення солей жорсткості на теплообмінних поверхнях. Методи оцінки і нормування якості охолодженої води визначають максимально допустимі концентрації солей не більш 3000 мг/л, хлор-іонів - не більш 400 мг/л. Дослідження показують, що при підвищенні концентрації



хлоридів і сульфатів зворотню воду необхідно обробляти інгібіторами.

Приклад. Визначити кількість води, що направляється на катіонування, і концентрацію CaCO_3 у суміші катіонованої і пом'якшеної води.

Кількість води, що знаходиться в звороті, складає $42500 \text{ м}^3/\text{год}$. Температурний перепад води в системі зворотнього водопостачання - 5°C . Концентрація солей у системі зворотнього водопостачання - 5 мг/л . Концентрація солей у джерелі водопостачання - 200 мг/л . Розрахункова концентрація солей у системі зворотнього водопостачання прийнята 3000 мг/л .

Концентрація розчиненого CaCO_3 у пом'якшеній чи підживлюючій воді - $5,6 \text{ мг/л}$, $0,28 \text{ мг-екв/л}$. Втрати на винесення вітром і розбризкування в градирнях - $0,5\%$, чи $212 \text{ м}^3/\text{год}$. Коефіцієнт частки тепловіддачі випаровуванням у загальній тепловіддачі - $0,1$.

З формули (3.64) величина продукви:

$$P_3 = \frac{200 \cdot 0,1 \cdot 5 - 2800 - 0,5}{2800} = -0,5\%,$$

тобто у цьому випадку з умов загального солевмісту продукви не буде потрібно.

Підтримка концентрації розчиненого CaCO_3 в зворотньому циклі в межах $0,28 \text{ мг-екв/л}$ досягається змішуванням пом'якшеної і катіонованої води, з якої вилучено іон Ca^{2+} .

Використовуючи формулу (3.65), визначаємо кількість води, що направляється на катіонування:

$$P_3 = \frac{0,158 \cdot 1,7 - (0,28 - 0,158) \cdot 0,5}{0,28 - 0,158} = 1,7\%, \text{ або } 725 \text{ м}^3/\text{год},$$

де $1,7$ і $0,5$ - втрати води на випаровування та розбризкування, % її кількості в зворотній системі [38].

$0,158$ - концентрація CaCO_3 у суміші катіонованої і пом'якшеної підживлюючої води, обумовлена з пропорційного співвідношення, тобто за формулою (3.62) із заміною загального солевмісту на концентрацію Ca^{2+} :

$$\text{CaCO}_3 = \frac{2,2 \cdot 0,28 + 1,7 \cdot 0}{3,9} = 0,158 \text{ мг-екв/л}$$



Як захід по відводу відпрацьованих регенераційних і відмивних забруднених солями вод станції знесолення доцільно передбачати пристрої накопичувачі-випарники. У ряді випадків такі води доцільно використовувати для одержання мінеральних добрив.

Стабілізація зворотньої води досягається в звичайних зворотніх системах водопостачання продувкою, тобто скиданням частини циркуляційної води (без очищення) у джерело водопостачання. У замкнутих безпродувочних системах стабілізацію роблять шляхом відбору частини зворотньої води для коректування її мінерального складу і наступного повернення в цикл роздільно чи спільно зі свіжою підживлюючою водою. Необхідний ступінь знесолення цієї частини води залежить від коефіцієнта розпарювання зворотньої води в системі і відносній кількості води, виведеної із системи для обробки замість продувки.

Цю кількість води (стабілізаційна витрата) у замкнутих системах зворотнього водопостачання обчислюють з обліком того, що обсяг підживлюючої свіжої води в замкнутих системах водопостачання повинен компенсувати тільки втрати від винесення води при розбризкуванні і випаровуванні в охолоджувальних пристроях, а також втрати, обумовлені витратами на власні потреби, тобто на експлуатацію споруд для коректування сольового складу й освітлення стабілізаційної витрати зворотньої води.

При стабільній зворотній воді у випадку відсутності інкрустації поверхонь відкладеннями CaCO_3 і Mg(OH)_2 або змін у складі води за рахунок продуктів корозії труб і теплообмінної апаратури зберігається рівність коефіцієнтів розпарювання, обумовлена по поступовому підвищенню в зворотній воді концентрацій різних іонів (хлоридів, сульфатів тощо.). У випадку значного коливання якості підживлюючої води або використання для підживлення зворотньої системи води різних джерел варто використовувати формулу, що базується на миттєвому балансі солей [28]:

$$VdC = C_{nod} D_0 \tau - CP_3 d\tau, \quad (3.66)$$

де V – об'єм води в системі, м^3 ; dC - зміна концентрації солей за час τ , мг/л ; C_{nod} і C - концентрація солей відповідно в підживлюючій і циркуляційній воді, мг/л ; $D_0 = P1 + P2 + P3$ і $P3$ - кількість підживлюючої і продуквної води, $\text{м}^3/\text{год}$,

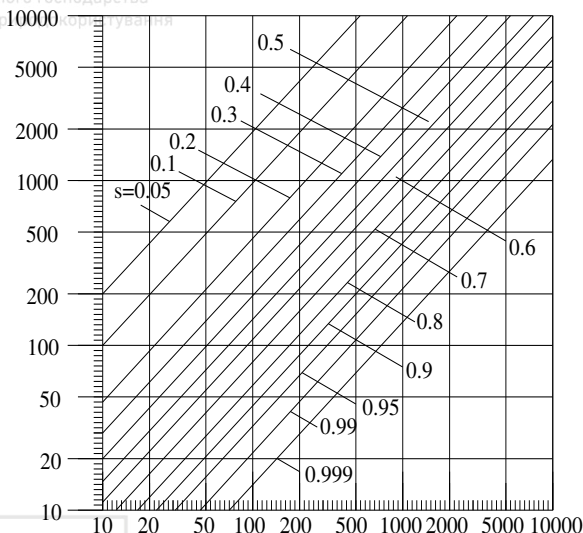


Рис. 3.21. Номограма для визначення ступеня рівноважності системи

З метою спрощення цієї залежності вводяться поняття сольового фактора $\tau_c = V/P_3$ - середній час перебування солей у системі і ступені рівноваги системи (рис. 3.21):

$$S = \frac{C - C_0}{C_p - C_0}, \quad (3.67)$$

де C_0 - початкова концентрація солей у системі, мг/л; $C_p - C_{nod}$ - рівноважна концентрація солей, мг/л:

$$C_p = kC_{nod}. \quad (3.68)$$

Поточна концентрація солей у системі:

$$C = C_0 + (C_p - C_0)S. \quad (3.69)$$

Боротьба з біологічними обростаннями зворотніх систем.

Біологічні обростання це сукупність організмів, які надійшли в системи і розвиваються на поверхнях теплообмінних апаратів, та в технологічних трубопроводах системи. Ці організми надходять в теплообмінні системи з водою джерел водопостачання та інтенсивно



розмножуються завдяки сприятливим умовам (температурі, поживним речовинам і розчиненого кисню).

Переважними формами в закритих теплообмінних апаратах і трубах є бактерії, головним чином зоогліїні і нитчасті; можуть бути також інфузорії і хробаки. Сюди можуть заноситися водою з градирень прилиплі водорості і механічні домішки. На градирях біологічні обростання складаються як з бактерій, так і водоростей - синьо-зелених, зелених і діатомових, що розвиваються на омиваних водою освітлених поверхнях; вони можуть включати інфузорії, хробаки, молюски і т.д.

Утворення на поверхні нагрівання біологічних обростань знижує теп-лопередачу, зменшує ефективність роботи градирень, наслідком чого є обростання стін і насадки, що викликає погіршення роботи градирень, інтенсифікує корозію металу і бетону, в зв'язку з розвитком залізо- і сіркобактерій. При цьому на внутрішній поверхні труб утворюються відкладення, що знижують пропускну здатність і збільшують витрату енергії на перекачування води. Інколи обростання водоростями буває настільки сильним, що може викликати повне засмічення системи.

Для розмноження водоростей необхідно присутність вугле-кислого газу, а в більшості випадків і сонячного світла. Цвіль може рости як при сонячному світлі, так і без нього, у закритих частинах системи охолодження.

У системах промислового водопостачання важливу роль відіграють нітрифікуючі і сульфатовідновлюючі бактерії, а також залізо- і сульфобактерії. Бактерії, що нітрифікують, мають два різновиди; одна з них окислює солі амонію в нітроти, а друга - нітроти в нітрати. Залізобактерії асимілюють розчинені солі заліза і виділяють його у вигляді гідроокису заліза, викликаючи тим самим заростання водопровідних труб і утворення в них горбистих відкладень. Сульфатовідновлюючі бактерії одночасно окисляють органічні сполуки і відновлюють сірчисті з'єднання до сірководню, часто викликаючи корозію зовнішньої, а іноді і внутрішньої поверхні прокладених у ґрунті водопровідних труб. Сульфобактерії перетворюють елементарну сірку, що може міститися в природній воді чи утворюватися при окислюванні сірководню, у сірчану кислоту, здатну надалі викликати корозію металевих і бетонних поверхонь споруд.

У складі біологічних обростань можуть зустрічатися найпростіші організми - інфузорії, жгутикові. Самим небажаним мешканцем

трубопроводів зворотніх систем є моллюск дрейсена. Профілактику цвітіння зворотньої води починають із джерела водопостачання. Для цього у водойму вводять хімічні препарати. Однак застосування хімікатів припустиме лише тоді, коли скидання води з замкнутих систем оборотного водопостачання обмежений.

З неорганічних гербіцидів найбільш ефективний є арсенат натрію в концентраціях 1-6 мг/л, що викликає загибель у всій масі води багатьох водяних рослин і особливо представників нижчих. В окремих випадках для знищення водяної рослинності успішно використовують гіпс, хлорати, перборати, мідний купорос і інші речовини.

Для очищення водойм і водотоків від водоростей у воду вводять поліметалеві мідьвміщуючі рудні концентрати: мідистий окис цинку, що містить іони Cu, Zn, Au, Ag, і конжольський концентрат, що містить іони Cu, Zn, Ag, Sn, Pb. Введення у воду цих з'єднань у концентрації 3-4,5 мг/л знижує кількість водоростей через 28 днів на 95-99%.

Привертає увагу використання альгицидних властивостей солей амонію, найбільш ефективними з яких виявилися $[\text{Ca}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$, $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot \text{NH}_4(\text{OH})$ у концентраціях 50-250 мг/л. З огляду на наявність аміаку в скидах підприємств азотної промисловості, можна думати, що на цих підприємствах вуглекислі солі амонію є найбільш перспективним засобом боротьби з обростанням зворотніх систем водопостачання.

У промислових водоймах і в зворотніх системах водопостачання найбільш розповсюдженим і ефективним засобом для усунення біообростання є обробка води хлором і мідним купоросом.

Хлорування зворотньої води призначено переважно для боротьби з розвитком бактерій у теплообмінних апаратах, трубопроводах і градирнях. Роблять його періодично, заданими дозами хлору, що вводяться в зворотню воду без вимикання з роботи теплообмінних апаратів. Необхідні дози хлору призначаються в межах 4-10 мг/л. Вони повинні, з врахуванням хлоропоглинання води, забезпечити залишкову концентрація хлору 0,5-1 мг/л на виході з мережі водопроводу.

Періодичність хлорування визначається інтенсивністю розвитку мікроорганізмів у воді в умовах конкретного виробництва. Якщо обростання утворилися мікроорганізмами, для яких є характерним швидкий темп росту, то тривалість періодів хлороподачі складає 5-15 хв, а інтервали між ними - 45-55 хв. Установлено, що доза хлору, необхідна для загибелі комах, хробаків, нематод, коливається в межах

15-50, залізобактерій - 3-4 мг/л. Воду яка охолоджує хлорують тільки після попереднього ретельного очищення апаратів від забруднень.

В системах зворотнього водопостачання що проектується, дозу хлору $D_{\text{хл}}$ варто встановлювати на основі досвіду експлуатації аналогічних систем водопостачання. При відсутності такого досвіду дозу хлору в мг/л визначають за формулою:

$$D_{\text{хл}} = \Pi \cdot k_y + 2, \quad (3.70)$$

де Π - хлоропоглинання води, що додається в систему, мг/л.

Якщо доза хлору, визначена за формулою (3.70), виявиться менше 5 мг/л, то для розрахунку дозаторів її варто прийняти 5 мг/л. Хлоропоглинання води визначають за ДСТ 2919-45 з урахуванням тривалості контакту хлору з водою, який дорівнює часу проходження води $T_{\text{х.п}}$ від насосної станції до найбільш віддаленого теплообмінного апарата, за формулою:

$$T_{\text{х.п}} = W / Q_{\text{охл}} \quad (3.71)$$

де W – об'єм води в системі по шляху руху до найбільш віддаленого теплообмінного апарата, включаючи трубопроводи і резервуари, м^3 ;

$Q_{\text{охл}}$ - витрата охолодженої зворотньої води, $\text{м}^3/\text{год}$.

Хлоратори варто розраховувати на безупинну роботу; у проміжках між періодами хлорування розчин хлору повинний зберігатися в баках. Продуктивність хлораторів у $\text{кг}/\text{год}$ при наявності баків для нагромадження розчину хлору визначають за формулою:

$$q = \frac{Q_{\text{охл}} \cdot D_{\text{х.п}} \cdot n}{24 \cdot 1000}, \quad (3.72)$$

де n - число періодів обробки води хлором протягом доби.

Для боротьби з розвитком мікроорганізмів у теплообмінних системах поряд із хлором застосовують і інші окислювачі. Для цих цілей застосовують двоокис хлору, перманганат калію і ряд інших реагентів. Останнім часом у зв'язку з вдосконаленням апаратури і технології застосування озону, впровадженням автоматизації і чутливих методів контролю, як засіб боротьби з біологічними обростаннями стало все ширше застосовуватися озонування води. Застосування озону має ряд переваг перед хлоруванням. Введення озону у воду не пов'язано з утворенням побічних домішок, час розпаду його обмежено хвилинами, а дія на біологічні компоненти обростання в 15-20 разів сильніше дії хлору. При тривалій експлуатації озонуючої установки не виникає інцидентів санітарного характеру. Навіть у найбільш старих трубопроводах після озонування



води не спостерігалось росту бактерій і корозія металу не перевищувала звичайних розмірів, а в ряді випадків була навіть нижче, ніж при хлоруванні. Встановлено [14], що озон більш діючий, ніж хлор, при усуненні мікроводоростей і найпростіших. Доза озону 15 мг/л за 3 хв руйнує деякі види найпростіших організмів, стійких до хлорування води дозами 250 мг/л. Результати озонування показали, що водорості гинули при дозі озону 0,5-1 мг/л, а личинки моллюска дрейсени - при дозі 3 мг/л. До 80% дорослих форм дрейсени гинуло при 30-хвилинному контакті і дозі 2,2 мг/л. Для повної загибелі таких представників зоопланктону, як циклопи, олигохети, дафнії, коловоротки, потрібно доза озону 2 мг/л.

Для запобігання обростання водоростями трубопроводів і холодильників охолоджуючих споруд рекомендується застосовувати купоросування води, тобто розчинення в ній у невеликих дозах сульфату міді. Купоросуванням пригнічується також розвиток залізобактерій (доза 0,3-0,5 мг/л), сіркобактерій (доза до 5 мг/л), черепашок (мідій) і моховинок (доза 0,1-0,3 мг/л). Мідним купоросом можна обробляти воду періодично 2-4 рази на місяць; тривалість обробки - 30-60 хв; доза мідного купоросу - 4-6 мг/л (1 -1,5 мг/л у перерахуванні на Cu^{2+}). Мідний купорос вводять в воду що обробляється перед надходженням її на градирні у вигляді 2-5%-ного розчину, що готується в розчинному баці. Ємкість бака в м^3 визначають за формулою:

$$V_p = \frac{D_k \cdot Q \cdot T}{1000 \cdot C \cdot \gamma}, \quad (3.73)$$

де D_k - доза безводного мідного купоросу, мг/л; Q - витрата оброблюваної води, $\text{м}^3/\text{год}$; T - час, на який заготовляється розчин, год; C - концентрація розчину, мг/л (приймається 2-4% по іоні міді); γ - щільність розчину, що приймають близько $1 \text{ т}/\text{м}^3$.

Доочищення біологічно очищених стічних вод і коректування їх мінерального складу

Вимоги до якості очищених стічних вод, які застосовуються для підживлення зворотніх систем водопостачання:

- при використанні очищених стічних вод як основне джерело технічного водопостачання промислових підприємств необхідно, щоб



якість очищених стоків відповідала вимогам, запропонованим до органічного і мінерального складів води, використовуваної в промисловості для різних технологічних цілей. Допустима мінералізація зворотньої води в залежності від умов технологічного процесу може коливатися в межах 2-3000 мг/л, а іноді і перевищувати цю межу. Максимальна жорсткість води в одних випадках не повинна перевищувати декількох десятків мікрограмів, а в інших допускається тимчасова жорсткість 2,5 - 3 мг·екв/л. Допустима концентрація сульфатів звичайно залежить від загальної жорсткості води і повинна бути досить малою, для того щоб у теплообмінних системах не утворювалися відкладення гіпсу.

-при підвищених концентраціях у воді солей кальцію чи магнію в технологічну схему доочищення стічних вод доводиться вводити апарати пом'якшення.

Тверде дотримання вимог до усунення з підживлюючої води солей, що містять біогенні елементи (азот і фосфор), чи виключення одного з них є надійною гарантією запобігання розвитку біологічних обростань у теплообмінних системах. Основним критерієм придатності води для зворотнього водопостачання (крім систем, у яких використовується глибоко знесолена вода) є термостабільність, що забезпечує відсутність інкрустації трубопроводів і теплообмінних поверхонь карбонатом кальцію й основних солей магнію, що кристалізуються при порушенні вуглекислотної рівноваги.

Корозійна активність зворотньої води визначається загальною мінералізацією, значенням рН, концентрацією сульфатів і хлоридів і кількістю розчиненого кисню. Необхідно мати на увазі, що в м'яких хлоридних водах киснева корозія металу особливо підсилюється. Що стосується допустимої концентрації органічних речовин в очищених стічних водах, що використовуються для зворотнього водопостачання, то при відсутності приватних обмежень окремих виробництв, значення ХПК води не повинне перевищувати 15 мгО₂/л. При більш високих концентраціях цих речовин підсилюється біологічне обростання в зворотніх системах, а іноді і корозія сталі і бетону [14].

Зворотня система водопостачання промислового підприємства може бути підживлена біологічно очищеними стічними водами, що піддавалися доочищенню коагулянтами одночасно з флотацією [16]. Такі стічні води містять близько 5 мг/л зважених речовин і мають БСК близько 10 мг/л. Концентрація фосфатів у результаті доочищення складає 1 - 10 до 0,4-0,6 мг/л.



У деяких випадках після освітлення коагулюванням і фільтруванням стічні води обробляють біоцидними реагентами дозою 1-1,5 мг/л для запобігання біологічного обростання зворотніх систем [16].

Послідовне застосування гідролізу високомолекулярних органічних речовин при $\text{pH}=12$, коректування pH вуглекислотою й адсорбції низькомолекулярних речовин активним вугіллям дозволяє одержувати воду практично питної якості.

Доочищення біологічно очищених стічних вод коагулянтами та активованим вугіллям

У біологічно очищених стічних водах містяться високомолекулярні органічні речовини, що сорбуються на поверхні пластівців гідроокисів алюмінію і заліза, і тому їх можна видалити з стічних вод коагулянтами. У загальних концентраціях органічних речовин, розчинених у біологічно очищених стічних водах, кількість таких високомолекулярних з'єднань може знаходитися в широких межах. Залежить воно від співвідношення між промисловими стічними водами хімічних підприємств і інших стічних вод у суміші, що надходить на біологічне очищення, а також від характеру виробництва, стоки якого переважають у промислових стічних водах.

Дані табл. 3.6 і 3.7, у яких приведені результати доочищення біологічно очищених стічних вод [25] показують, що застосування алюмінієвого і залізного коагулянтів дозволяє суттєво знизити ХСК і кольоровість біологічно очищених міських стічних вод. Однак при цьому витрачається значна кількість коагулянтів. Зниження ХСК на 50% досягалося тільки при дозі коагулянту не менш 200 мг/л у розрахунок на товарний продукт.

Варто врахувати, що до коагуляції стічні води характеризувалися наступними показниками: ХСК - 31 мг O_2 /л, кольоровість - 43 град, лужність - 4,9 мг-екв/л. У багатьох міських стоках ХСК біологічно очищених стічних вод перевищує дані значення ХСК у 3-4 рази (120- 150 мг O_2 /л). Очевидно, питома витрата коагулянтів для зниження ХСК до 15 мг O_2 /л виявиться значно вище. Видалення пофарбованих високомолекулярних речовин коагулянтами досягається більш ефективно. Так, при дозі $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ 100 мг/л ХСК стічні води при 14° С знизилося на 25%, тоді як кольоровість - на 53-54%. При 20° С зниження ХСК склало 50%, кольоровості - 60%.

При підвищенні дози сульфату алюмінію до 200 мг/л і більш ХСК знижується на 50-55%, а кольоровість на 60-70%. Той же ефект досягається при зас-тосуванні в 2 рази менших доз хлорного заліза.

Таблиця 3.6. Зміна ХСК і кольоровості біологічно очищених стічних вод після коагулювання їх сульфатом алюмінію [25]

Доза коагулянту, мг/л, у перерахуванні на		Залишкова лужність, мг·екв/л	Залишкове ХСК, мг О ₂ /л, при температурі, ° С		Залишкова Кольоровість град, при температурі, ° С	
Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18H ₂ O	Al ₂ SO ₃		14	20	14	20
100	51	4,0	23	15	23	17
200	102	3,4	17	-	17	14
300	153	2,4	15	14	15	13
400	204	1,6	14	-	12	11
500	255	1,4	14-15	13	10	10

Таблиця 3.7. Зміна ХСК і кольоровості біологічно очищених стічних вод після коагулювання хлорним залізом при температурі 23 °С [25]

Доза коагулянту, мг/л, у перерахуванні на		Залишкова лужність, мг·екв/л	Залишкове ХСК, мг О ₂ /л	Залишкова кольоровість, град
FeCl ₃ ·6H ₂ O	FeCl ₃			
50	29	3,4	16	15
100	58	2,0	15	10
209	116	9	12	6

Однак застосування цього коагулянту ускладнене тим, що його розчин має високу агресивність через присутність соляної кислоти, що утворюється при його гідролізі.

У загальному випадку при рішенні питання про доцільність застосування коагулянтів для доочищення стічних вод з метою їх повторного використання в замкнутих системах промислового водопостачання необхідно мати на увазі, що відходами установок для очищення води коагулянтами є шлами, утворені пластівцями, які



випали в осад. Вологість цих шламів перевищує 98%. Об'єм їх при великих дозах коагулянту складає 3-5% об'єму проясненої води. У безстічних і безвідходних системах водопостачання підприємств застосування коагулянтів у кожному конкретному випадку пов'язано з можливістю утилізації шламів, їх ліквідації або регенерації з них коагулянтів.

Негативною стороною застосування коагулянту в системах доочищення стічних вод є невелика швидкість руху води у відстійниках (не більш 3-4 м/год), що вимагає великих габаритів очисних споруд на стадії освітлення біологічно очищених стоків. В окремих випадках доцільно проводити доочищення стічних вод коагулянтами перед кінцевою стадією видалення органічних забруднень стічних вод адсорбцією. При цьому досягається значне скорочення питомих витрат активованого вугілля, але з'являються додаткові витрати на ліквідацію шламів. Тому в кожному конкретному випадку рішення повинне бути прийняте на підставі ретельного техніко-економічного аналізу.

Дані табл. 3.8 показують, що при доочищенні міських стічних вод попереднє освітлення біологічно очищених стоків коагулянтом дозволяє скоротити витрату активованого вугілля в 3-4 рази. Тому раціональне рішення задачі щодо ліквідації утилізації шламів, що утворюються при освітленні стічних вод, дало б суттєвий економічний ефект.

Застосування коагулянтів перед адсорбційним доочищенням біологічно очищених міських стічних вод дозволяє суттєво знизити концентрацію фосфатів у воді, що особливо важливо для запобігання інтенсивного біологічного обростання зворотніх систем, підживлюваних міськими стоками.

Основним і найбільш універсальним методом глибокого доочищення біологічно очищених міських і промислових стічних вод від органічних речовин є адсорбційне очищення стоків активованим вугіллям, що забезпечує можливість наступного знесолення стічних вод і коректування їх мінерального складу відповідно до технологічних вимог конкретних виробництв. При безпосередньому застосуванні адсорбційного доочищення після біологічних очисних споруд стічні води відбирають після вторинних відстійників. Якщо активоване вугілля застосовується у вигляді фільтруючого щільного шару в колонах-сорбфільтрах, то воду після вторинного відстійника варто



відстоювати в буферному ставку або фільтрувати через піскові фільтри для зниження концентрації завислих речовин до 10 мг/л.

Таблиця 3.8. Вплив попередньої обробки біологічно очищених міських стічних вод сульфатом алюмінію на питому витрату активованого вугілля при доочищенні стоків від органічних речовин

Кольоро- вість фільтрату, град	ХСК стоків, мгО ₂ /л	Пито витрата активованого вугілля, кг/м ³		Зниження питомої витрати активована- ного вугілля, %
		без попе- редньої коагуляції стоків	після попе- редньої коагуляції	
10	10	5	0,9	82
15	13 14	3	0,75	75

Примітка: Доза коагулянту $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ складала 200 мг/л.

Якщо гранульоване чи дроблене активоване вугілля застосовуються в псевдозрідженому чи розширеному шарі, то гранична концентрація суспензії в стічній воді, що надходить в адсорбційні колони, може бути збільшена, тому що втрата напору в псевдозрідженому шарі не залежить від величини часток, що утворюють шар. Так, в апарат із псевдозрідженим шаром активованого вугілля можуть надходити стічні води з концентраціями завислих речовин 100 мг/л і більш. У цьому випадку фільтри (чи відстійники суспензій) встановлюють після адсорбційних колон.

Для запобігання кальматації фільтруючого шару завислими речовинами стічних вод передбачається протиточне і поверхневе промивання сорбційних фільтрів. Регенерують активоване вугілля в колонах в міру його відпрацювання; при цьому зменшують послідовність надходження води в адсорбційний блок так, щоб стічна вода входила в найбільш відпрацьований шар вугілля і доочищувалась у колоні із свіжевідрегенованим активованим вугіллям. Адсорбційна ємність активованого вугілля досягає 0,133 кг органічних речовин на 1 кг вугілля, тобто 13,3% по масі.



Питання контролю знань до третього розділу

1. Розрахувати допустиму величину БСК стічних вод, що підлягають скиду у водойму. якщо витрати води річки $5 \text{ м}^3/\text{с}$; стічної води $0.85 \text{ м}^3/\text{с}$, коефіцієнт розбавлення $\gamma=0.98$; БСК річкової води 25 мг/л , гранично допустима БСК суміші річкової і стічної води 35 мг/л , константи швидкості біохімічної потреби у кисні стічної та річкової води відповідно $K_1 = 0.25$, $K_2 = 0.09$, час переміщення води до розрахункового пункту 3 доби.
2. Надати характеристику процесу самоочищення води водоймищ.
3. Які фактори впливають на процес самоочищення водоймищ.
4. Привести показники деградації водоймищ.
5. Надати перелік систем штучного поповнення підземних вод.
6. Вказати призначення систем ШППВ та підземних водосховищ.
7. Навести схеми штучного поповнення підземних вод.
8. Обумовити межі використання відкритих інфільтраційних споруд.
9. Розрахувати об'єм запасної ємкості для акумулювання запасів води. якщо відомі: витрата води на господарсько-питні потреби в зимовий період – $1300 \text{ м}^3/\text{добу}$; витрати води на виробничі потреби $500 \text{ м}^3/\text{добу}$. Площа джеркала води становить 6500 м^2 . Ємкість розташована в середньозернистих пісках.
10. Вказати межі застосування інфільтраційних споруд та шахтних колодязів.
11. Назвати характеристики прямоточних та послідовних схем водозабезпечення промислових підприємств.
12. Назвати переваги схем зворотнього водопостачання промислових підприємств.
13. Навести схеми зворотнього водопостачання промислових підприємств.
14. Розрахувати коефіцієнти технічної досконалості системи водопостачання підприємства, якщо витрата води яка використовується в звороті складає $0.85 \text{ м}^3/\text{с}$; кількість води, яка використовується для підживлення системи $0.25 \text{ м}^3/\text{с}$; кількість води, яка скидається $0.15 \text{ м}^3/\text{с}$.



15. Из чого складається беззворотнє споживання води у виробництві.
16. Надати перелік вимог, які необхідно дотримуватися при виборі схеми та системи водовідведення промислового підприємства.
17. Навести системи дощової та загальносплавної каналізації на підприємствах. можливість використання цих систем на виробництві.
18. Перерахувати фактори, які впливають на можливість об'єднання потоків стічних вод різного призначення на майданчиках промислових підприємств.
19. Які ви знаєте централізовані та децентралізовані схеми каналізування промислових підприємств.
20. Які вимоги до якості води, що може бути використана повторно в промисловості.
21. Чим викликана необхідність пропуску зворотніх систем водопостачання промислових підприємств.
22. Які методи очистки стічних вод можливо використовувати для їх підготовки в циклі зворотньої системи.
23. Підрахувати зміну концентрації іонів сульфату для умов, коли пропуск системи неможлива, тобто $W_{np} = 0$. Підкислення здійснюється частковим Н-катіонуванням. Якщо річні об'єми води, млн. м³: $W_{cm} = 0,7$, $W_{e.u} = 3,5$, $W_{d.i} = 1,5$, $W_{\phi} = 2,5$, $W_{c.n} = 5$, $W_{oc} = 4$, $W_{cv} = 0$, $W_0 = 10$. Концентрації, г/м³: $C_0 = 80$, $C_{cm} = 160$, $C_n = 30$. Кількість води, що піддається коагулюванню сірчаноокислим алюмінієм, $Q = 10$ млн. м³/рік. Доза сірчаноокислого алюмінію $b = 25$ г/м³. Концентрація сульфат-іона в сірчаноокислому алюмінії - 0,84.
24. Яким чином досягається стабілізація зворотньої води в зворотніх системах водопостачання.
25. Яким чином досягається запобігання біологічного обростання зворотніх систем.
26. Роль залізонітрифікуючих і сульфатовідновлюючих бактерій у процесі біологічного обростання замкнутих систем.
27. Розрахувати продуктивність хлораторів для знезаражування в систем зворотнього водопостачання цеху виготовлення амміаку. Витрати охолоджувальної води становить 50 м³/год, число періодів обробки хлором на протязі доби – 2 рази, хлорпоглинання води становить 1.5 мг/л.



28. Які вимоги до якості біологічно очищених стічних вод, що застосовуються для підживлення зворотніх систем водопостачання.
29. Як здійснюється доочищення стічних вод коагулянтном.
30. Перерахувати особливості оперативного прогнозування змін хімічного складу річкової води в умовах техногенного впливу.

4. Рациональне використання водних ресурсів

Рациональне використання водних і зв'язаних з ними природних ресурсів потребує створення водогосподарських комплексів, які передбачають можливість об'єднання різних категорій водоспоживачів і водокористувачів, поєднання заходів і споруд, що дозволяє оптимально задовольнити потреби усіх, попереджуючи можливі суперечки.

При виборі складу учасників ВГК враховуються три пов'язані між собою частини: природна, економічна і технічна.

Природна частина обумовлює можливість функціонування і розвитку ВГК, визначає позитивні і негативні сторони його впливу на оточуюче середовище. Це – гідрологічні умови, які визначають запаси водних ресурсів; рельєф і геоморфологія, що визначають такі важливі показники, як можливість створення високих напорів, розміри затоплення і підтоплення прилеглої території, площі та способи зрошення, транспортне використання річок, заходи по боротьбі з фільтрацією та берегоукріплюючими роботами; клімат, який визначає необхідність проведення зрошення чи осушення для отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур; розвиток рибного господарства; ґрунтові умови, які обумовлюють склад агротехнічних і меліоративних мір.

Економічна частина яка враховує бажання всіх галузей та окремих водокористувачів, дозволяє досягти максимального економічного ефекту та мінімальних збитків при недоотриманні води.

Технічна частина визначає системи взаємозв'язаних технічних рішень, споруд і заходів, які забезпечують існування водогосподарського комплексу (ВГК) в конкретних місцевих умовах.

Кожен ВГК може розглядатись як система, яка об'єднує велику кількість підсистем. Разом з цим – це є галузь суспільного виробництва, водне господарство підпорядковане загальним законам його розвитку, але відрізняються від інших галузей матеріального вироб-



ництва соціально-економічною природою, продукцією, засобами та умовами виробництва. Воно виробляє свою продукцію шляхом транспортування, накопичення, очистки води.

По масштабам ВГК можуть бути міждержавні, державні, загальні, басейнові та ВГК частини басейну

4.1. Розрахунок балансу водних ресурсів

Водний баланс річкового басейну чи іншої території за будь-який інтервал часу залежить від кліматичних і метеорологічних факторів, характеру поверхні басейну та його геологічної будови. Велике значення мають рельєф, ґрунти, гідрографічні особливості. Геологічна будова басейну зумовлює особливості підземної його частини – умови формування підземних вод та їх динаміку. Певною мірою водний баланс території залежить і від антропогенної діяльності.

Водний баланс за багаторіччя оцінювали за даними по прибутковій і витратній складовій у вигляді рівняння:

$$P=Y+E \quad (4.1)$$

а також розгорнутого рівняння водного балансу поверхневої зони басейну:

$$P=Y_{\text{пов}}+E_{\text{повн}}+i \quad (4.2)$$

де P – опади;

Y – сумарний річковий стік (поверхневий і підземний);

$Y_{\text{пов}}$ – поверхнева частка річкового стоку;

E – сумарне випаровування;

$E_{\text{повн}}$ – випаровування з поверхні ґрунту і рослинності;

i – інфільтрація в ґрунти басейну.

Оцінка середніх багаторічних опадів, які випадають в межах адміністративних територій, економічних районів і річкових басейнів, здійснюється за даними метеостанцій та постів, що розташовані рівномірно на території і по яких є багаторічні репрезентативні ряди спостережень. До уваги беруться дані станцій з періодом спостережень не менш як 20 років.

Норма атмосферних опадів у кожному пункті за весь період спостережень обчислюється за формулою:

$$\bar{P} = \frac{\bar{x}_c m + \bar{x}_g k}{m + k} \quad (4.3)$$

де $\bar{x}_c$ - норма опадів за m років; [30]



$\bar{x}_g$ - середня величина опадів за наступні роки;

k - кількість років спостережень;

Норма опадів:

$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad (4.4)$$

де P_i - середні річні суми опадів на i -й станції чи посту;

n - число станцій чи постів спостережень.

По річковому басейну значення кількості опадів визначається за формулою:

$$\bar{P}' = \frac{1}{F} \sum_{i=1}^n \bar{P}_i f \quad (4.5)$$

де f – площа річкового басейну;

ΣF – площа України або економічного району в цілому.

Складові водного балансу – випаровування та інфільтрація, як правило, оцінюють непрямыми, опосередкованими способами. Сумарне випаровування (E) з поверхні річкового басейна області, економічного району обчислюється як залишковий член за відношенням:

$$E = P - U \quad (4.6)$$

Інфільтрація води (i) у ґрунти басейну визначається за різницею між опадами (P), поверхневим стоком ($U_{пов}$) і поверхневим випаровуванням ($E_{пов}$):

$$i = P - U_{пов} - E_{пов} \quad (4.7)$$

Поверхнєве випаровування з поверхні ґрунту і рослинного покриву визначається за методикою Державного гідрологічного інституту. Дані водного балансу по річковим басейнам України та її регіонам наведені в таблицях (додаток 8).

Поверхнева складова середнього багаторічного стоку ($U_{пов}$) визначається за формулою:

$$U_{пов} = U - U_{нідз} \quad (4.8)$$

де U – місцевий стік басейну чи економічного району;

$U_{нідз}$ – підземний стік приймається за даними ДГП і УкрНДІ Держкомгідрометцентру.

Розрахунок балансу водних ресурсів в межах річкового басейну чи економічного району виконується в табличній формі (приклад розрахунку наведений в додатку 6, таблиця 1.5д).



Сумарний річний об'єм стоку (або незворотніх витрат) за рік визначається за формулою:

$$V = Y_p^I + Y_p^{II} + \dots Y_p^{XII} \quad (4.9)$$

де $Y_p^I, Y_p^{II}, \dots, Y_p^{XII}$ - місячні об'єми стоку, км³.

Місячний об'єм стоку визначається як:

$$Y_p^i = Q_p^i \cdot t \quad (4.10)$$

де Q_p^i - середньомісячна витрата p -забезпеченості за i -ий місяць року, м³/с;

t – тривалість i -го місяця в сек.;

Баланс абсолютний визначається за формулою:

$$B_a = \Pi - B \quad (4.11)$$

де Π – прибуткова частина, км³;

B – витратна частина, км³.

Баланс відносний:

$$B_B = \frac{\Pi - B}{B} \cdot 100\% \quad (4.12)$$

Отриманий баланс може бути позитивним, від'ємним або дорівнювати 0. На кожному розрахунковому рівні необхідно детально проаналізувати числові величини водного балансу.

У випадку від'ємного водного балансу необхідно передбачати заходи поповнення дефіциту і перекидання стоку необхідної кількості з сусідніх басейнів; регулювання стоку (багаторічне, сезонне) і застосування необхідних агрометеорологічних заходів; скорочення незворотнього споживання шляхом зміни технологічних процесів (застосування маловодних технологій, повторне послідовне та зворотне водопостачання, встановлення лімітів на водоспоживання, економічні санкції), або обмеження розвитку в даному басейні окремих водосємких галузей народного господарства.

При аналізі водного балансу на різних розрахункових рівнях можуть спостерігатися наступні випадки:

1. Баланс позитивний для всіх років розрахункової забезпеченості. Однак у окремі пори року спостерігається дефіцит водних ресурсів. (Достатньо створити водоймище сезонного регулювання).



2. Баланс позитивний тільки для років 5, 50, 75% за безпечності, а в гострозасушливий рік (95%) спостерігається дефіцит води (необхідно проектувати водоймище багаторічного регулювання або у поєднанні з агро меліоративними заходами).
3. Баланс позитивний тільки для років 5, 50% за безпечності. Для маловодних років 75 та 95% - від'ємний. (Необхідне багаторічне регулювання стоку у поєднанні з перекиданням стоку з сусідніх річкових басейнів).
4. Баланс негативний для всіх років. (Названі вище заходи не зможуть перекрити гострі дефіцити у воді. Необхідно передбачити обмеження розвитку окремих галузей народного господарства, зміни структури водоспоживання, збільшувати об'єми води на розбавлення стоків).

4.2. Визначення коефіцієнта ефективності використання води

Балансові розрахунки також виконуються при проектуванні систем водопостачання та водовідведення. Вони дозволяють графічно уявити якісні та кількісні зв'язки між окремими водоспоживачами та спорудами водопровідно-каналізаційного господарства. Складають балансову схему з декількох варіантів для вибору найбільш раціонального та економічно вигідного. Балансова схема може включати в себе умовні зображення об'єктів:

- 1 – водоспоживачі – місто, промислове підприємство;
- 2 – водопровідно-каналізаційні споруди – водозабір (ВДЗ), міські очисні споруди водопроводу (МВОС), локальні водопровідні очисні споруди (ЛВОС), міські каналізаційні очисні споруди (МКОС), станція доочистки стічних вод (СДСВ), локальні каналізаційні очисні споруди (ЛКОС);
- 3 – джерела водопостачання (ДВ) та об'єкти водовипуску (ОВ).

Стрілками в заданому масштабі показують витрати води: Q_i'' - яка надходить на всі об'єкти, Q_i^e - яка відходить від об'єктів.

Для перевірки вірності побудови будь-якої схеми баланс витрат води виконується для кожного об'єкта:



$$\sum_{i=1}^n Q_i^H - \sum_{i=1}^m Q_i^6 = 0 \quad (4.13)$$

Якщо на підприємстві є зворотня система водопостачання, то відсоток використаної зворотньої води визначається за розрахунком:

$$P_{\text{звор}} = \frac{Q_{\text{звор}}}{Q_{\text{звор}} + Q_{\text{св}}} \cdot 100\% \quad (4.14)$$

де $Q_{\text{звор}}$ - витрата, яка використовується в зворотній системі, $\text{м}^3/\text{с}$;

$Q_{\text{св}}$ - витрата свіжої води, яка надходить в систему, $\text{м}^3/\text{с}$.

Формулу можна використовувати і для оцінки використання зворотньої води на всьому об'єкті водопостачання (місто, підприємство і т.п.). Беззворотні витрати та втрати води в відсотках для кожного підприємства і для всього об'єкта будуть дорівнювати:

$$P_{\text{випр}} = \frac{Q_{\text{св}} - Q_{\text{скид}}}{Q_{\text{св}} + Q_{\text{звор}} + Q_{\text{посл}}} \cdot 100\% \quad (4.15)$$

де $Q_{\text{скид}}$ - витрата стічної води, яка скидається у водойм, $\text{м}^3/\text{с}$;

$Q_{\text{посл}}$ - витрата води, яка використовується послідовно, $\text{м}^3/\text{с}$.

Ефективність використання води, яка забирається з джерела, на кожному підприємстві, а також на всьому об'єкті водопостачання, оцінюється коефіцієнтом використання:

$$\kappa_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{св}} - Q_{\text{скид}}}{Q_{\text{св}}} \leq 1, \quad (4.16)$$

Критерії ефективності використання води дозволяють кількісно оцінити кожен варіант балансової схеми при необхідності вибору найбільш оптимального.

На умовних зображеннях об'єктів показують продуктивність в $\text{м}^3/\text{с}$. На стрілочках рух потоків записують витрати і показники якості води. Показники якості води після об'єднання потоків з витратами $Q_1, Q_2, \dots, Q_i$ і відповідними показниками якості $n_1, n_2, \dots, n_3$ визначають з виразу:

$$n_{\text{суміші}} = \frac{n_1 Q_1 + n_2 Q_2 + \dots + n_i Q_i}{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_i}, \quad (4.17)$$



Обов'язково *п_{суміші}* визначають для стічної води, яка надходить на міські каналізаційні очисні споруди.

На основі розглянутих варіантів балансових схем роблять висновки про вибір найбільш раціональної схеми, можливих витрат та якості води на різних ділянках від водозабору до водоскиду. Кінцевий вибір може бути лише тоді коли проаналізовані умови скиду стічних вод у задане джерело.

Кінцевий висновок можна зробити лише при порівнянні об'ємів води, яка використовується і скидається кожним підприємством даного річкового басейну (приклад розрахунку наведений у додатку 6, п.2).

Таким чином проведений аналіз дозволяє знайти найбільш раціональний варіант розміщення промислових підприємств, скоротити забір свіжої води з джерела і зменшити об'єми стічної води, яка забруднює джерело.

4.3. Раціональне використання підземних вод в умовах антропогенного впливу

Загальна характеристика підземних вод, які залягають неглибоко Підземними називають всі води, що знаходяться нижче поверхні землі [5]. Відмінні особливості підземних вод: постійність температури (5-12⁰С); відсутність завислих речовин і кольоровості; висока санітарна надійність; значна мінералізація, а інколи підвищений вміст заліза, фтору, солей жорсткості, метану та сірководню. Вони утворюються в результаті проникнення в глиб землі атмосферних опадів і поверхневих вод, а також внаслідок конденсації водяної пари з атмосфери [19].

Підземні води за гідравлічними умовами поділяють на напірні та безнапірні, а за умовами залягання – на артезіанські і ґрунтові. За ступінню мінералізації підземні води поділяють на прісні (до 1г/л), солонуваті (до 25г/л), солоні (до 50г/л), розсоли (більше 50г/л).

Запаси підземних вод поділяють на природні і експлуатаційні. Природні запаси акумулюються в порах і тріщинах водоносних порід. Вони складаються із статичних запасів і динамічних запасів, що постійно поповнюються в природних умовах.

Під експлуатаційними запасами підземних вод розуміють їх витрату, що може бути отримана з родовища за допомогою раціональних енергозберігаючих технологій водозабірних споруд при

заданому режимі експлуатації і при якості води, що задовольняє потреби цільового призначення, на протязі розрахункового терміну водоспоживання.

Експлуатаційні запаси підземних вод підраховують в родовищі за результатами детальних вишукових гідрогеологічних робіт в сукупності з експлуатаційною характеристикою підземних вод і додатковими пошуковими роботами.

У відповідності з класифікацією експлуатаційних запасів [4] підземні води, що затверджуються для проектування та експлуатації, відносяться до категорій А, В і С. Крім того, за ступінню вивченості виділяють попередньо оцінені експлуатаційні запаси за категорією С2, які не можуть входити в експлуатаційні запаси; проте вони є основою для подальших досліджень і уточнення запасів по більш високим категоріям.

За економічною ефективністю використання експлуатаційні запаси підземних вод поділяють на дві групи: балансові і позабалансові. Перші доцільно використовувати при існуючій технології або технології, що освоюється для вилучення підземних вод водозаборами; освоєння других в теперішній час технічно неможливо, економічно недоцільно чи ненадійно. Позабалансові експлуатаційні запаси підземних вод необхідно підраховувати для їх реалізації в перспективі.

Достовірність визначення експлуатаційних запасів підземних вод від достатньої за категорією А до дещо менш достовірного С1 слід враховувати при проектуванні і освоєнні запасів при різних гідрогеологічних умовах, а також при аналізі економічних факторів та надійності кількісного визначення витрат.

Вплив антропогенного фактора на якість підземних вод

Розширення масштабів використання підземних вод для господарсько-питного водопостачання є реальною необхідністю в умовах антропогенного впливу, що підсилюється, на поверхневі водні джерела. Висока якість прісних підземних вод визначається їх кращою захищеністю від забруднень антропогенними факторами. Однак в умовах зростаючого техногенного навантаження на навколишнє середовище і підземні води піддаються забрудненню. Техногенні елементи знаходяться вже не тільки в верхніх, слабо захищених, водоносних горизонтах, але і в глибоких артезіанських резервуарах. Забруднення підземних вод тягне за собою низку екологічних і соціальних

наслідків. Потребує серйозної уваги розповсюдження забруднюючих компонентів з підземних вод по харчовим ланцюгам. В цьому випадку токсичні елементи потрапляють в організм людини не тільки з питною водою, але й через рослинну і тваринну їжу. Проблема якості підземних вод в даний час перетворилась в одну із найактуальніших проблем людства. Міжнародні норми якості питної води розробляються Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ). ВООЗ прийняті рекомендовані величини вмісту компонентів, які забезпечують якість води, естетично прийнятне і не являє собою значної небезпеки для здоров'я споживача. Дані величини являються основою при розробці національних стандартів, які за умови вірного застосування мають забезпечити безпеку питного водопостачання. В усіх країнах розробляються стандарти якості води, які є найбільш близькими до рекомендованих величин. В таблиці 4.1. приведені показники якості води за ГОСТ 2874-82, Керівництва за якістю питної води ВООЗ (1994 р.) та Держ СанПІНу.

Таблиця 4.1. Показники якості води

Вміст компонентів і показники властивостей	ГОСТ 2874-82	ДСанПІ Н 1997.	Посібник ВООЗ, 1994
Мікробіологічні показники			
Кількість мікроорганізмів в 1 см ³ води	100	100	-
Кількість кишкових паличок в 1000 мл	3	3	-
Кількість кишкових паличок в 100 мл	-	-	0
Органолептичні показники			
pH	6,0-9,0	6,5-8,5	6,5-8,5
Загальна жорсткість, мг-екв/л	7,0	7,0	-
Колірність, град	20	20	15
Сухий залишок, мг/л	1000	1000	-
Загальна мінералізація, мг/л	-	1000	1000
Сульфати, мг/л	500	250	250
Хлориди, мг/л	350	250	250
Натрій, мг/л	-	-	200
Залишкові полі фосфати, мг/л	3,5	-	-
Залізо, мг/л	0,3	0,3	0,3
Мідь, мг/л	1,0	1,0	1,0
Цинк, мг/л	5,0	-	3,0

AAAAA	Національний університет			
Водопостачання	водопостачання	Марганець, мг/л	0,1	0,1
Використання	та природокористування	Токсикологічні показники		
		Алюміній, мг/л	0,5	0,2(0,5)
		Молибден, мг/л	0,25	-
		Миш'як, мг/л	0,05	0,01
		Нітрати, мг/л	45	45
		Поліакриламід, мг/л	2,0	-
		Свинець, мг/л	0,03	0,01
		Селен, мг/л	0,001	0,01
		Стронцій, мг/л	7,0	-
		Фтор, мг/л	0,7-1,5	1,5
		Хром (VI), мг/л	-	-
		Хром (III), мг/л	-	-
		Кадмій, мг/л	-	-
		Ртуть, мг/л	-	-
		Органічні компоненти		
		Альдрин і дильдрин, мкг/л	-	-
		Бензол, мкг/л	-	-
		Бенз(а)пирен, мкг/л	-	-
		Чотирьох хлористий вуглець, мкг/л	-	-
		Хлордан, мкг/л	-	-
		Хлорбензоли, мкг/л	-	-
		Хлороформ, мкг/л	-	-
		Хлорфеноли, мкг/л	-	-
		ДДТ, мкг/л	-	-
		1,2-дихлоретан, мкг/л	-	-
		1,2-дихлоретилен, мкг/л	-	-
		Гептахлор, мкг/л	-	-
		Гексахлорбензол, мкг/л	-	-
		Гама-ГХЦГ, мкг/л	-	-
		Метоксихлор, мкг/л	-	-
		Пентахлорфенол, мкг/л	-	-
		Тетрахлоретилен, мкг/л	-	-
		Трихлоретилен, мкг/л	-	-

Якщо якість природної води не відповідає нормам ГОСТу, їх класифікація може бути проведена за принципом складності технології, необхідної для очистки і видалення компонентів, вміст



яких перевищує ГДК. В першому наближенні тут можна виділити три категорії якості: середнє, задовільне і незадовільне. До вод середньої якості відносяться ті, які потребують просту очистку аерацією (від сірководню, радону чи легко окислюваного заліза). До вод задовільної якості відносяться ті, які потребують просту реагентну очистку для знезараження (наприклад, з підвищеним вмістом колі-титра). До вод незадовільної якості відносяться ті, яким необхідна комплексна, складна біофізична очистка, з використанням реагентів. Під антропогенним забрудненням підземних вод розуміють погіршення якості води (хімічних, фізичних, біологічних властивостей), викликане господарською діяльністю людини. Поняття "забруднення" відноситься перш за все до підземних вод питного призначення. Забруднення підземних вод може виявлятися в підвищенні вмісту природних компонентів, а також в появі специфічних речовин штучного походження – неорганічних (ціаніди, роданіди,), органічних (нафтопродукти, пестициди, феноли, синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР) та ін.). Зазвичай виділяють дві стадії забруднення: початкову стадію, коли вміст компонентів вище фоновий, проте нижче ГДК, і власне забруднення, коли концентрації окремих компонентів перевищують ГДК. За видами забруднень виділяють хімічне, біологічне, радіоактивне і теплове забруднення, за масштабом – локальне і регіональне. Потрапляти забруднення в водоносний горизонт можуть практично з усіх сторін: зверху, збоку, знизу і безпосередньо в пласт в результаті закачки. Впливають забруднюючі речовини на рівновагу в системі вода – порода – газ – жива речовина. З точки зору впливу забруднюючих речовин на гідрохімічні властивості підземних вод, виділяють інертні забруднюючі речовини та активні забруднюючі речовини. Інертні не змінюють Eh-pH стан підземних вод, слабо приймають участь в процесах комплексоутворення і т.д. (NO_3^- , Cl^- , деякі органічні речовини.). Активні забруднюючі речовини змінюють гідрогеохімічну обстановку і, як наслідок, порушують рівновагу в системі вода – порода – газ – жива речовина (H^+ , Fe^{2+} , H_2S і т.д.). Загальний ступінь закомплексованості хімічних елементів, особливо елементів-комплексоутворювачів в забруднених підземних водах, вище, оскільки ці води містять більш високі концентрації аніонів, з якими можливе комплексоутворення цих елементів. Встановлені наступні ряди за ступінню здатності до комплексоутворення в підземних водах: для катіонів – $\text{Fe}^{3+} > \text{Al}^{3+} > \text{Pb}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Fe}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} >$

Національний університет
«Львівська політехніка»
NH⁴⁺ > Na²⁺; для аніонів – органічні речовини > OH²⁻ > CO₃²⁻ > SO₄²⁻ > F⁻ > HCO₃³⁻ > NO₃³⁻ > Cl⁻.

Біологічне забруднення підземних вод. Даний вид забруднення викликаний різноманітними мікроорганізмами – водоростями, бактеріями, вірусами. Найбільш небезпечне забруднення хвороботворними організмами, що потрапляють в підземні води в основному з фекальними і господарсько-побутовими водами. Час виживання хвороботворних мікробів в підземних водах може сягати 400 діб. Біологічне забруднення підземних вод може інтенсифікуватись тепловим забрудненням.

Захищеність підземних вод. Можливість забруднення підземних вод з поверхні землі в значній степені визначається захищеністю водоносних горизонтів. Під захищеністю водоносного горизонту від забруднення розуміється його перекритість відкладеннями, що перешкоджають проникненню забруднюючих речовин з поверхні землі чи з водоносного горизонту, що залягає вище [9]. Захищеність залежить від багатьох факторів, які можна розбити на дві групи: природні і техногенні. До основних природних факторів відносяться: глибина до рівня підземних вод, наявність в розрізі та потужність слабопроникних порід, літологія і сорбційна здатність порід, відношення рівнів водоносних горизонтів, що досліджується і, що вище залягає. До техногенних факторів перш за все слід віднести умови надходження забруднюючих речовин на поверхню землі і, відповідно, характер їх проникнення в підземні води, хімічний склад забруднюючих речовин і, як наслідок їх міграційну здатність, сорбційність, хімічну стійкість, час розпаду, характер взаємодії з породами і підземними водами.

Якісна оцінка може бути проведена у вигляді визначення суми умовних балів або на основі оцінки часу, за який поверхневі води, що фільтруються з поверхні, досягнуть водоносного горизонту (особливості вологопереносу в зоні аерації і процеси взаємодії забруднення з породами і підземними водами при цьому не враховуються). Бальна оцінка захищеності ґрунтових вод детально розроблена В.Г.Гольдбергом [8,9]. Сума балів, що залежить від умов залягання ґрунтових вод, потужностей слабопроникних відкладень і їх літологічного складу, визначає ступінь захищеності ґрунтових вод. За літологією і фільтраційними властивостями слабопроникних відкладень виділяють три групи: а – супісі, легкі суглинки (коефіцієнт фільтрації $k=0,1-0,01$ м/добу), с – важкі суглинки та глини

($k < 0,001$ м/добу), b – проміжна зона між a і c – суміш порід груп a і c ($k = 0,01-0,001$ м/добу). Нижче приведені дані для визначення балів в залежності від глибини рівня ґрунтових вод H .

H , м	Бали
<10	1
10-20	2
20-30	3
30-40	4
>40	5

В таблиці 4.2. подані бали захищеності водоносного горизонту в залежності від потужності m_0 і літології слабо проникних відкладень.

Таблиця 4.2. Бали захищеності водоносного горизонту

m_0 , м	Літологічні групи	Бали	m_0 , м	Літологічні групи	Бали
<2	a	1	12-14	A	7
	b	1		B	10
	c	2		C	14
2-4	a	2	14-16	A	8
	b	2		B	12
	c	3		C	18
4-6	a	3	16-18	A	9
	b	4		B	13
	c	6		C	18
6-8	a	4	18-20	A	10
	b	6		B	15
	c	8		C	20
8-10	a	5	>20	A	12
	b	7		B	18
	c	10		C	25
10-12	a	6			
	b	9			
	c	12			



Для розрахунку суми балів необхідно додати бали, отримані за потужність зони аерації, і бали за потужність слабопрониклих порід, що знаходяться в розрізі. Наприклад, якщо ґрунтові води залягають на глибині 14м (2бали) і наявний шар супісї 3 м (2бали), і шар глини 6 м (6 балів), то сума балів складе 10.

За сумою балів виділяють шість категорій захищеності ґрунтових вод. Категорії захищеності ґрунтових вод, за В.М.Гольд-бергом, приведені нижче.

Категорія	Сума балів
I	<5
II	5-10
III	10-15
IV	15-20
V	20-25
VI	>25

Найменше значення суми балів характеризує умови, що відповідають категорії I, найбільше – категорії VI.

Ступінь захищеності підземних вод можна визначати безпосередньо за часом фільтрації забруднених вод від поверхні землі до водоносного горизонту. Приблизна оцінка часу, за який стічні води, що фільтруються з поверхні сягають рівня ґрунтових вод, для умов однорідного розрізу зони аерації і постійного рівня у сховищі може бути виконана за відомою формулою Цункера:

$$t=(nH/k)[m/H-\ln(1+m/H)] , \quad (4.18)$$

де H – висота стовпа стічних вод у сховищі;

k і m – відповідно, коефіцієнт фільтрації та потужність зони аерації; n – нестача насичення порід зони аерації.

При наявності в основі сховища рідких відходів захисного екрану із слабопроникних порід, час досягнення рівня ґрунтових вод стічними водами, що фільтруються з поверхні, складається з часу фільтрації через захисний екран (t_1), який визначається за приведеною вище формулою, і часу фільтрації через власне зону аерації (t_2). Час t_2 можна визначити за формулою запропонованою Верігіним:

$$t_2=(n_2H/k_2)\{m_2/H[1-(m_1/H)(k_2/k_1-1)]\ln[1+m_2/(H+m_1)]\}, \quad (4.19)$$



де k_1 і m_1 – коефіцієнт фільтрації і потужність захисного екрану;
 n_2 , m_2 , k_2 – активна пористість, потужність і коефіцієнт фільтрації зони аерації;

H – висота стовпа стічних вод в сховищі.

При фільтрації з поверхні землі стічних вод, що скидаються з постійною витратою Q на площу F , може бути два випадки. Якщо $q < k$ ($q = Q/F$; k – коефіцієнт фільтрації зони аерації), то стічні води, що потрапляють на поверхню землі, повністю підуть на фільтрацію, не утворюючи на поверхні стовпа води.

Промислове забруднення підземних вод. Серед промислових відходів основне значення в забрудненні підземних вод мають промстоки. Забруднення відбувається в процесі фільтрації стічних вод з накопичувачів, хвосто- і шламосховищ або в результаті їх підземного поховання [10]. В стічних водах знаходяться як компоненти загального хімічного складу вод, так і мікрокомпоненти, гази, органічні речовини.

Часто джерелом промислового забруднення підземних вод є атмосферні опади, насичені газодимовими викидами і продуктами випаровування з поверхні полів фільтрації та накопичувачів стічних вод і відходів. Концентрація в атмосферних опадах промислових районів As, Se, Sb, Cr, Cu, Zn, Pb, Cd, Hg та низки інших компонентів може в десятки і сотні разів перевищувати їх фонове значення. Потрапляючи в ґрунт, більшість з них сорбуються в зоні аерації і спочатку не фіксується в значних кількостях в підземних водах. Однак сорбційна ємність порід не безмежна, і в умовах її наповнення або зміни Eh-pH умов в зоні аерації може виникнути повсюдне забруднення ґрунтових вод з наступним перетіканням забруднюючих речовин в більш глибокі горизонти.

З метою попередження забруднення підземних вод навколо діючих водозаборів, встановлюється зона санітарної охорони. Розміри і конфігурація зони санітарної охорони в плані визначаються гідрогеологічними умовами і характером самого водозабору. Формули для розрахунку часу руху води до водозабору в інших граничних умовах приведені в роботі [9].

Перший пояс ЗСО встановлюється для запобігання випадкового або зумисного забруднення води джерела в місці розташування водозабору та водопровідних споруд. Другий і третій пояса ЗСО

передбачаються для запобігання негативного впливу навколишнього середовища на джерело водопостачання в результаті господарської діяльності населення. Межі першого поясу ЗСО джерела водопостачання, як правило, співпадають з огороженою територією водозабору.

Для поверхневого джерела водопостачання з врахуванням природних умов межі приймаються:

а) для проточних водоток: вверх за течією – не менше 200 м від водозабор, вниз – не менше 100 м; по прилеглому до водозабору берегу – не менше 100 м від лінії зрізу води при літньо-осінній межені;

б) в напрямку протилежного берега: при ширині водотоки більше 100 м – смуга акваторії шириною не менше 100 м; при ширині водотоки менше 100 м – уся акваторія і протилежний берег шириною 50 м від лінії зрізу води при літньо-осінній межені;

в) для непроточних водойм: уся акваторія – не менше 100 м від водозабору у всіх напрямках; по прилеглому до водозабору берегу не менше 100 м від лінії зрізу води при літньо-осінній межені.

Межі другого поясу ЗСО поверхневого джерела водопостачання встановлюються для водотоку вверх по течії, виходячи з часу пробігання води по основному водотоку і його протоках від межі поясу до водозабору при середньомісячній витраті 95 %-й забезпеченості не менше п'яти діб для I і II кліматичних районів і трьох діб для III і IV кліматичних районів; вниз по течії не менше 250 м; бокові межі від урізу води при літньо – осінній межені не менше 500 м при рівнинному рельєфі і до вершини першого схилу при скелястому, але, як правило, не більше 750 м при пологому схилі і 1000 м при крутому.

Для підземного джерела водопостачання відстань від водозабору до огорожі приймається: для надійно захищених горизонтів – не менше 30м; для недостатньо захищених горизонтів – не менше 50м.

Для одиночних водозаборів, розміщених на території об'єкта, який виключає можливість забруднення території, ці відстані за погодженням з місцевими СЕС можуть бути зменшені вдвоє.

Межі другого і третього поясів ЗСО підземного джерела водопостачання визначаються розрахунком, залежно від часу руху води з мікробними (другий пояс) або хімічними (третій пояс) забрудненнями.



Тривалість руху мікробних забруднень з підземним потоком до водозабору в залежності від природних умов приймається по таблиці 4.3.

Тривалість руху хімічного забруднення T_x підземним потоком приймається не менше 25 років.

Таблиця 4.3. Тривалість руху забруднень з підземним потоком

Гідрогеологічні умови	Кліматичні райони	
	I і II	III і IV
Грунтові води: при наявності гідравлічного зв'язку з відкритою водоймою	400	400
те ж, при відсутності гідравлічного зв'язку	400	200
Напірні і безнапірні міжпластові води: при наявності безпосереднього гідравлічного зв'язку з відкритою водоймою	200	200
те ж, при відсутності гідравлічного зв'язку	200	100

Відстань до межі області захвату при відсутності побутового потоку визначається за формулою:

$$R = \sqrt{\frac{Q \cdot T_{м.х}}{\pi \cdot m \cdot n}} \quad (4.20)$$

де Q – продуктивність водозабору, $\text{м}^3/\text{доб}$; $T_{м.х}$ – розрахунковий час просування мікробних або хімічних забруднень до водозабору (свердловини); m – потужність водоносного пласта, м; n – активна пористість порід водоносного пласта.

Приклад ситуаційного плану підземного водозабору з межами поясів зони санітарної охорони показаний на рис. 4.1. [39]

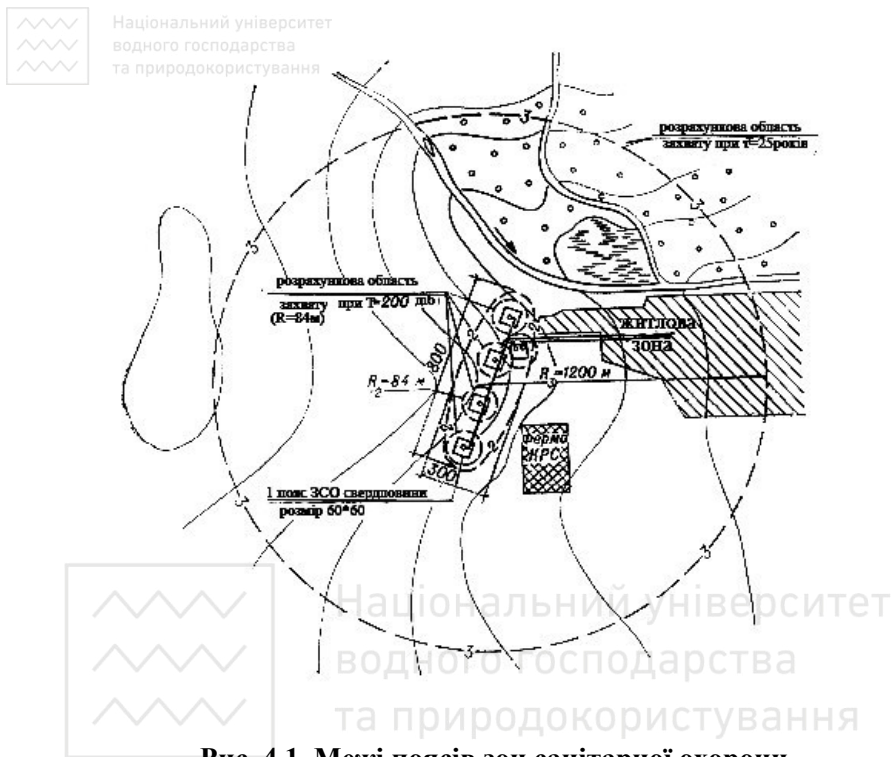


Рис. 4.1. Межі поясів зон санітарної охорони

Зміна гідрогеохімічних умов на урбанізованих територіях

На урбанізованих територіях крім промислового значну роль відіграє забруднення підземних вод комунальними стоками. Крім хімічного тут часто присутнє радіоактивне, бактеріальне, газове і теплове забруднення. Для крупних міст характерно як значне пониження рівнів водоносних горизонтів, що використовуються для централізованого водопостачання, так і підвищення рівня ґрунтових вод за рахунок витоків з водопровідної мережі і зменшення таких витратних статей водного балансу, як випаровування і транспірація. Все це сприяє підсиленню міграції забруднених стічних вод в водоносні горизонти, що залягають нижче. Окремим фактором впливу на підземні води в районі населених пунктів являється їх експлуатація з метою господарсько-питного водопостачання.

В процесі відкачки води із свердловин можуть виникати ті ж негативні техногенні процеси, що і при осушенні гірських виробок.

Відміна полягає в тому, при експлуатації підземних вод особлива увага має надаватись прогнозу їх якості. Стан підземних вод в районі водозабірної споруди визначається багатьма факторами: типом водозабору, граничними умовами, водоносного горизонту, характером природного руху підземних вод, фільтраційною неоднорідністю порід (плавною і пошаровою). Для водозаборів, що експлуатують напірні водоносні горизонти, особливе значення має конструкція бурових свердловин. Це зв'язано з тим, що при наявності витриманого верхнього водопідпору найбільш вразливим місцем для надходження у водонапірний пласт забруднення є затрубний простір водозабірних свердловин. У випадку неякісної цементації обсадних труб виникають штучні гідрогеологічні вікна, якими забрудненні ґрунтові води можуть безперешкодно потрапляти в водоносний горизонт, що експлуатується [8,9].

4.4. Застосування очищених стічних вод на промислових підприємствах

При використанні міських стічних вод на промислових підприємствах, варто пам'ятати про деякі обмеження, що перешкоджають застосуванню цих вод. Наприклад, міські стічні води забороняється використовувати на підприємствах харчової, м'ясо-молочної і фармацевтичної промисловості, де можливе зараження продуктів виробництва, що створює загрозу здоров'ю людей; в інших галузях промисловості необхідно дотримуватися запобіжних заходів.

На підприємствах існують наступні шляхи використання стічних вод:

в системах зворотнього водопостачання підприємств; очищених стічних вод від одного підприємства для технічного водопостачання іншого; очищених та знезаражених побутових стічних вод в технічному водопостачанні підприємств.

При застосуванні очищених міських стічних вод у системах повторного й зворотнього водопостачання необхідно враховувати:

- технологічні вимоги до якості технічної води;
- фізико-хімічний склад міських стічних вод;
- санітарно-гігієнічні вимоги при повторному використанні цих вже очищених стічних вод.



Схема спільного очищення виробничих і побутових стічних вод наведена на рисунку 4.2.

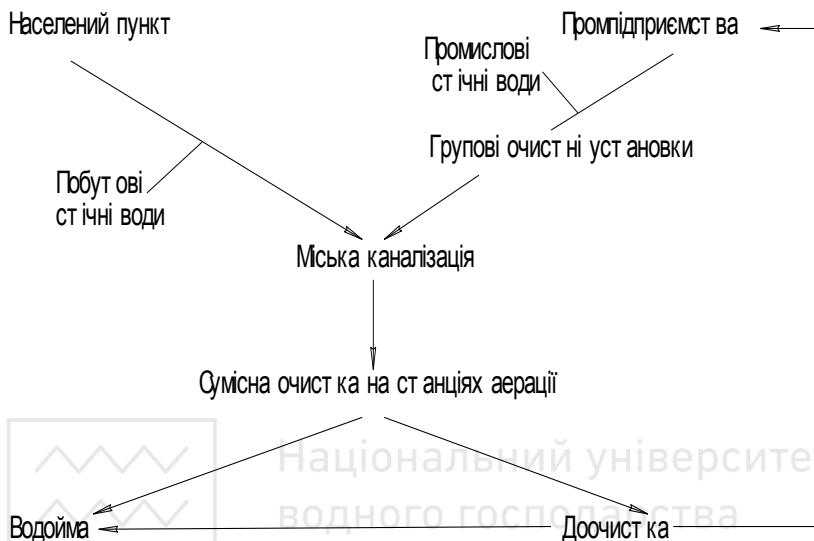


Рис. 4.2. Схема спільної очистки промислових і побутових вод

В залежності від вимог до якості використовуваних стічних вод, очистку побутових стічних вод проводять в основному від завислих речовин, нафтопродуктів, мастил, іонів важких металів та органічних речовин.

Методи фізико-хімічної очистки разом із методами біологічної очистки дозволяють отримувати воду, що задовольняє вимогам, до якості повторно використовуваних або міських стічних вод, які додаються в ці системи (табл. 4.4). Обов'язковою умовою, застосування доочищених міських стічних вод є їх хлорування. При часі контакту з хлором 60 хв і залишкової концентрації понад 1 мг/л досягається повне знезаражування води.



Таблиця 4.4. Якість повторно використовуваних стічних вод

Показники	Вода	
	Свіжа	Зворотня
Солевміст мг/л	Ненормовано	До 6000
Вміст, мг/л:		
завислих речовин	До 3	До 50
хлоридів	Не нормовано	> 350
сульфатів	Не нормовано	> 500
всього заліза	»	» 4
ефіророзчинних	»	» 20
азоту загального	До 30	Не нормовано
фосфатів	» 5	Теж
хрому	-	До 1.7
жорсткість загальна, мг-екв/л	До 5	Не нормовано
БСК _{повн} , мг/л	До 6	До 50
ХСК, мг/л	» 45	> 120
Колі-індекс	> 1000	» 2-106
pH	6,5—8,5	6.5—8,5

У Японії стічні води міст Токіо, Осака, Кавасакі та інших після станцій біологічного очищення піддаються додатковій обробці (проціджування, фільтрування через зернисте завантаження або коагуляція, відстоювання і фільтрування) і використовуються на металургійних заводах, паперових фабриках, нафтопереробних заводах, скляному заводі і на багатьох дрібних підприємствах.

В окремих випадках (металургійний і скляний заводи) використовується стічна вода безпосередньо після біологічної очистки — без глибокого очищення.

Загальна витрата використовуваних повторно міських стічних вод у даний час досягає декількох мільйонів м³/добу.

У США очищені міські стічні води широко застосовують для водопостачання промислових підприємств. У містах Даллас і Амарілло після глибокого очищення стічні води використовують у нафтопереробній промисловості і енергетиці. Нафтопереробний завод компанії «Ель-Пасо» у такий спосіб покриває 89% своєї потреби у

воді. В найближчі роки передбачається до 80% стічних вод Нью-Йорка використовувати в промисловості. В найближчі роки в багатьох промислово розвинених районах з напруженим водним балансом передбачається використовувати очищені міські стічні води в промисловості, на транспорті, у будівництві, міському господарстві і для зрошення сільськогосподарських земель.

Таким чином, у даний час уже досить чітко оформилися основні тенденції у використанні очищених міських стічних вод для нестатків промисловості. Переважне використання ці води знаходять у системах охолодження зворотнього водопостачання, а також у ряді технологічних операцій, де вимоги до води приблизно відповідають показникам якості прісних вод відкритих джерел.

В окремих випадках забезпечується глибоке очищення води до норм, що наближаються до показників якості питної води, як наприклад, на скляному заводі і на багатьох дрібних підприємствах.

4.4.1. Системи водовідведення промислових підприємств із мінімальним скиданням стічних вод у водний об'єкт

Найбільш раціональним у рішенні проблеми охорони водних об'єктів від забруднення стічними водами є створення замкнутих систем водопостачання і водовідведення промислових підприємств із використанням очищених стічних вод у системах технічного й зворотнього водопостачання і забором свіжої води з водозаборів в основному для потреб питного водопостачання.

Необхідність розробки і впровадження замкнутої системи водопостачання промислового підприємства залежить від ряду причин, а саме: 1) від дефіциту води в районі або області; 2) від вмісту у водогосподарському об'єкті забруднюючих речовин, близьких до їхніх ГДК у водоймі; 3) від застосування сучасної маловідходної технології.

Доцільність застосування замкнутих систем визначається також ступенем збитку, який наноситься водоймі при скиданні неочищених або недостатньо очищених стічних вод; необхідністю усунення з стічних вод коштовних компонентів і їх утилізації; високими вимогами до якості стічних вод, що скидаються в каналізацію або водойми, тому що іноді по ряду компонентів до води, що скидається,



пред'являються вимоги більш високі, чим до якості питних вод, і тому скидання таких вод є недоцільним.

Впровадження замкнутих систем обґрунтовується техніко-економічними розрахунками, причому в ряді випадків застосування таких систем, також при їх економічній недоцільності, диктується необхідністю покращення санітарно-гігієнічних і екологічних умов на підприємствах, в ТПК і т.д.

Крім вдосконалення методів очищення стічних вод і введення безводних процесів для створення таких систем, необхідно розробити технологічні процеси, що дозволяють різко скоротити відходи виробництва і потреби у воді. Застосування раціональних схем водопостачання підприємств із багаторазовим використанням води у виробництвах і створення внутрішньо цехових зворотніх систем, що включають локальні споруди очищення найбільш забруднених стічних вод, дають можливість різко скоротити кількість стічних вод, що надходять на позаплощадкові очисні споруди. Причому на ці спорудження надходять тільки води, що містять біохімічні з'єднання, які руйнуються, що дозволяє повернути очищену воду в системи технологічного й зворотнього водопостачання.

Основні передумови для створення замкнутих систем водного господарства промислових підприємств наступні:

1) *Застосування безводних або маловодних технологічних процесів, що забезпечують більш повне комплексне використання сировинних ресурсів.* Впровадження апаратів повітряного охолодження дозволяє не тільки заощадити значну кількість води, але і зменшити кількість стічних вод. Виключення використання води для промивки газів (крім тих випадків, коли з них водою витягаються коштовні компоненти) дозволяє значно зменшити її споживання. Використання сухих методів очищення газів тільки на підприємствах чорної металургії дозволить скоротити водоспоживання на 15—20%.

2) *Вибір комплексу виробництв підприємства і їх розміщення на промисловій площадці, що забезпечують послідовне багаторазове використання води.*

3) *Удосконалення технологічних процесів, що дозволяє зменшити кількість і забруднення стічних вод.* Впровадження на підприємствах нафтохімічної промисловості одностадійного методу одержання дивінілу забезпечує скорочення кількості стічних вод у



цьому процесі в 100 разів. У виробництві монокорунду можна різко скоротити кількість забруднення стічних вод шляхом уловлювання сірководню, що утворився, з парогазів вуглекислими сорбентами з використанням їх надалі в шахті плавки. Регенерація оброблених кислих і лужних розчинів з повторним використанням кислот і лугів дозволить різко скоротити кількість солей, що утворюються в стічних водах при нейтралізації розчинів.

4) *Раціональне багаторазове використання води у всіх технологічних процесах і операціях, створення локальних замкнутих систем технічного водопостачання.* Особливого значення набуває раціональне використання води в найбільш водомістких технологічних процесах, наприклад при промиванні сировини, напівпродуктів, готового продукту, і розробка фізико-хімічних способів очищення стічної води, що забезпечують повернення очищеної води в ці ж процеси. У цьому випадку не потрібно глибокого очищення стічних вод: з них досить видалити ті компоненти, що впливають на якість продукту, що промивається. Наприклад, раціональна система використання води у виробництві синтетичних жирних кислот забезпечує одержання стічних вод з вмістом кислот 180—200 г/л. Очищення цих вод методом азеотропної ректифікації дозволяє, з однієї сторони, виділити й одержати в товарному виді низькомолекулярні жирні кислоти (мурашину, оцтову, пропіленову і масляну), а з другої — використовувати очищену воду у виробництві. На заводі синтетично жирних кислот створена замкнута система технічного водопостачання по кислих стічних водах, що дозволяє збільшити на 12% вихід товарних кислот при переробці парафіну і скоротити надходження забруднень на біологічне очищення по ХСК із 27 до 2 т/добу. Велика кількість стічних вод утворюється на вакуум-випарних і дистиляційних установках, на яких легкі з'єднання вимиваються з газів водою в барометричних конденсаторах. Безперечно, найбільш раціонально легкі з'єднання уловлювати безпосередньо з парогазів спеціальними поглинаючими засобами. Принципова схема вакуумної системи установок АВТ дозволяє різко скоротити забруднення сірководнем стічних води атмосфери, а також збільшити добір дизельного палива, яким раніше забруднювалися барометричні води.

5) *Класифікація стічних вод як за характером забруднень, так і по їхньому загальному забрудненню і розробка раціональної*



Особливе значення приймає розробка методів очищення стічних вод від органічних з'єднань окремих класів з урахуванням фізико-хімічних властивостей цих і основних супутніх з'єднань. Наприклад, відповідно до розробленої класифікації стічних вод, що містять сірководень, меркаптани і їхні солі, органічні сульфіді і дисульфіді, і стічних вод, які утворилися у виробництві сульфатної целюлози, штучного волокна, монокорунда, нафтопродуктів, усі з'єднання сірки розділені на дві групи, а всі стічні води на три категорії. Для кожної з цих категорій розроблений свій метод очищення, що враховує також і характер основних супутніх забруднень.

6) *Забезпечення такої якості стічних вод, що надходять на позамайданчикові очисні споруди, що дозволяє здійснити їх очищення на цих спорудах.* Обов'язковою умовою створення замкнутих систем водопостачання промислових підприємств є видалення з стічних вод біологічно неруйнованих і токсичних з'єднань з локальних потоків до їх об'єднання в загальний потік, який надходить на позаплощадкові очисні споруди.

Оптимізація використання води забезпечує різке скорочення кількості стічних вод і підвищення їхнього забруднення. Тому останнім часом почали застосовувати фізико-хімічні методи очищення. Однак було б помилкою цілком відмовитися від біологічного методу очищення. Кожен метод повинен використовуватися там, де будь-який інший є менш технічно й економічно раціональним. Перед застосуванням того або іншого методу необхідно вивчити характер стічних вод і фізико-хімічні властивості присутніх у них забруднень. Практика показала, що оптимальною є комбінація методів, а це вимагає від фахівців вміння знайти для кожного випадку раціональний метод і систему очищення стічних вод.

7) *Забезпечення якості біологічно очищених стічних вод, які задовольняють вимоги до води, використовуваної для поповнення витрат в зворотніх системах, по санітарно-гігієнічних і токсикологічних показниках.* Для досягнення цієї мети використовується один з відомих методів глибокої очистки або їх комбінація.

Епідеміологічна безпека очищених побутових стічних вод досягається обробкою хлором. Знезаражування побутових стічних вод забезпечується залишковим вмістом хлору 1—1,5 мг/л при тривалості



контакту 30 хв; при цьому колі-індекс не повинний перевищувати 1000. При підживленні охолоджувальних зворотніх систем очищеними стічними водами необхідно виключати можливість забруднення повітряного басейну. Винос краплинної вологи з градирень повинний бути мінімальним, а гідроаерозолі, що утворюються, не повинні бути токсичними.

В даний час проводяться дослідження з вивчення санітарно-гігієнічної і токсикологічної оцінки очищених побутових стічних вод, зворотніх вод охолоджувальних систем і гідроаерозолей, що виносяться з градирень. Для виробничих стічних вод токсикологічні дослідження повинні проводитися в кожному випадку, перш ніж може бути даний дозвіл на їх використання (після відповідного очищення) на підживлення зворотніх систем охолоджуваного водопостачання. Остання проблема є дуже складною внаслідок великої тривалості токсикологічних досліджень на тваринах.

Розроблені умови використання очищених стічних вод в системах прямооточного й зворотнього водопостачання на промислових підприємствах. Ці стічні води складаються на 60% з побутових і на 40% з виробничих (в основному в машинобудівній промисловості). Дослідженнями встановлено, що при очищенні цих вод за схемою «механічне очищення — біологічне очищення — глибоке очищення на фільтрах із зернистим завантаженням — дезінфекція хлором» вони можуть бути використані в системах прямооточного водопостачання.

При використанні очищених стічних у системах зворотнього водопостачання необхідним є їх кондиціонування: а) при режимі продувка-обробка з метою запобігання біооброщування і карбонатних відкладень; б) при безпродувному режимі — додаткова обробка для запобігання корозії і часткового видалення з зворотньої води завислих речовин. Санітарно-гігієнічна безпека повторного використання таких стічних вод в зворотніх системах охолоджувального водопостачання забезпечується як у процесі очищення, так і при кондиціонуванні води в зворотніх системах.

8) *Застосування раціональних методів знесолення стічних вод.* При знесоленні стічних вод необхідні їх класифікація і розробка раціональної системи. Ідеальним рішенням є видалення індивідуальних солей і повернення у виробництво очищеної води і виділених солей або регенерація розсолів і повторне їх

використання. Особливу проблему складає розробка методів аналізу і вивчення хімічного складу стічних вод на всіх стадіях очищення.

Найбільш складною задачею є вивчення складу стічних вод, які пройшли споруди біологічного очищення. Визначення складу стічних вод різних виробництв дозволить підійти до узагальнення даних і прогнозуванню якості очищених вод у залежності від їх вихідної характеристики й обраних методів очищення.

Створення замкнутих систем водного господарства промислових підприємств вимагає зміни постановки наукових досліджень. Від розробки окремих методів очищення стічних вод необхідно перейти до розробки системи водного господарства промислових підприємств, що включає оптимізацію використання води у всіх операціях, виробництвах і цехах; регенерацію відпрацьованих розчинів; витяг зі стічних вод коштовних компонентів; методи очищення локальних потоків стічних вод і створення локальних замкнутих систем технічного водопостачання; рішення питань, пов'язаних з глибоким очищенням стічних вод, їх підготовкою для підживлення зворотніх систем водопостачання; обробкою зворотньої води цих систем; знешкодження осадів. При розгляді цих питань в найкоротший термін можуть бути розроблені системи водного господарства підприємств з обліком уже відомих методів очищення стічних вод і виявленні тих вузлів, для яких у даний час відсутні готові рішення або відомості не є оптимальними; іншими словами, будуть визначені задачі подальших досліджень в напрямку вдосконалення основної технології й очищення стічних вод.

4.4.2. Комплексна схема очищення і використання стічних вод і відходів виробництва хімічного комбінату і міста

Хімічні комбінати — великі підприємства з різноманітними виробництвами, що споживають значну кількість води і мають складний склад виробничих стічних вод. Комбінати будуються, як правило, там, де є запаси сировини. Однак у цих районах можуть бути недостатні ресурси води й відсутні водойми для прийому стічних вод. Такі умови вимагають створення на цих комбінатах замкнутих циклів водного господарства й очищення стічних вод для повторного їх використання.

Прикладом такого рішення може служити “Першотравневе ПО Хім.пром”. Продукція комбінату — хлор, каустична сода, пластмаси,



засоби захисту рослин, миючі засоби тощо. На цьому комбінаті створена замкнута система водопостачання (табл. 4.5), при якій цілком виключається скидання стічних вод у поверхневі водойми, а споживання води з джерел водопостачання передбачається тільки для заповнення беззворотніх втрат.

Таблиця 4.5. Порівняльні дані по водоспоживанню і використанню стічної води до і після впровадження комплексної схеми очистки

Показники	До впровадження схеми	Після впровадження схеми
Загальна витрата свіжої води, тис. м ³ /добу	175,6	29,4
У тому числі хімічним комбінатом, тис. м ³ /добу	150,7	4,5
Загальна кількість води в звороті, тис. м ³ /добу	551,2	688,4
Загальна кількість стічної води — направленої на біологічне очищення, тис. м ³ /добу	137,2	16,8
В тому числі від хімкомбінату тис. м ³ /добу	128,1	7,6
Скидання стічних вод у ріку, тис. м ³ /добу	137,2	-
Закачування стічних вод у підземні шари, тис. м ³ /добу	-	-
Повернення стічних вод у виробництво, %	-	-

У комплексній схемі прийняті наступні рішення: стічні води технологічних процесів хімічного комбінату і ТЭЦ замкнуті в локальних циклах водного господарства з очищенням виробничих стічних вод на визначеній ступіні циклу; випуск в окремі мережі водовідведення здійснюється тільки для потоків, очищення яких

передбачено на загальнозаводських очисних спорудах. Для окремих потоків передбачені різні мережі водовідведення. Наприклад, для стічних вод: 1) з змістом органічних забруднень; 2) з змістом мінеральних забруднень; 3) з великою мінералізацією (більш 3 г/л); 4) побутових; 5) умовно чистих 6) дощових.

У замкнутий цикл водообігу комбінату (рис. 4.3) включені стічні води ТЕЦ, міста й інших підприємств промислового комплексу (база будівельної індустрії, гідролізно-дріжджовий завод). Відповідно [31], для одного з великих промислових комплексів і міста побудовані загальні очисні споруди. У промисловий комплекс входять підприємства, що випускають синтетичний каучук, синтетичне волокно, автомобільні шини тощо. Усі стічні води від промислової і жилої територій міста згруповані в три потоки: 1) виробничі від апаратів водяного охолодження, продуктів виробництва (гуми і її напівфабрикатів), а також дощові стоки заводів; 2) побутові — від заводів і міста, а також від міських підприємств (хлібо- і молокозаводу, пралень і ін.); 3) хімічно забруднені — від підприємств органічного синтезу, синтетичного каучуку і т.п.

Забруднення, що утримуються в стічних водах першого потоку, являють собою в основному механічні домішки. Ці води, часто називаються умовно чистими, направляються в канал довжиною 7,5 км, у якому відбувається окислювання залишкових органічних речовин. Стічні води другого потоку після повного біологічного очищення надходять на землеробські поля зрошення (ЗПЗ), де вирощуються люцерна, кукурудза, які використовуються для відгодівлі худоби. Стічні води третього потоку розбавляються в 3 рази знешкодженими побутовими стічними водами, проходять повне біологічне очищення і направляються на глибоке очищення в лиман.

Таким чином, розроблена і реалізована система водовикористання промислового вузла цілком виключила скидання води в річку. Усі стічні води після очищення або повертаються у виробництво, або направляються на ЗПЗ і у лиман. Ступінь їх забруднення постійно контролюється і не перевищує допустимого рівня. Економічна ефективність цієї системи водовикористання складає більш 2,4 млн. грн. у рік.

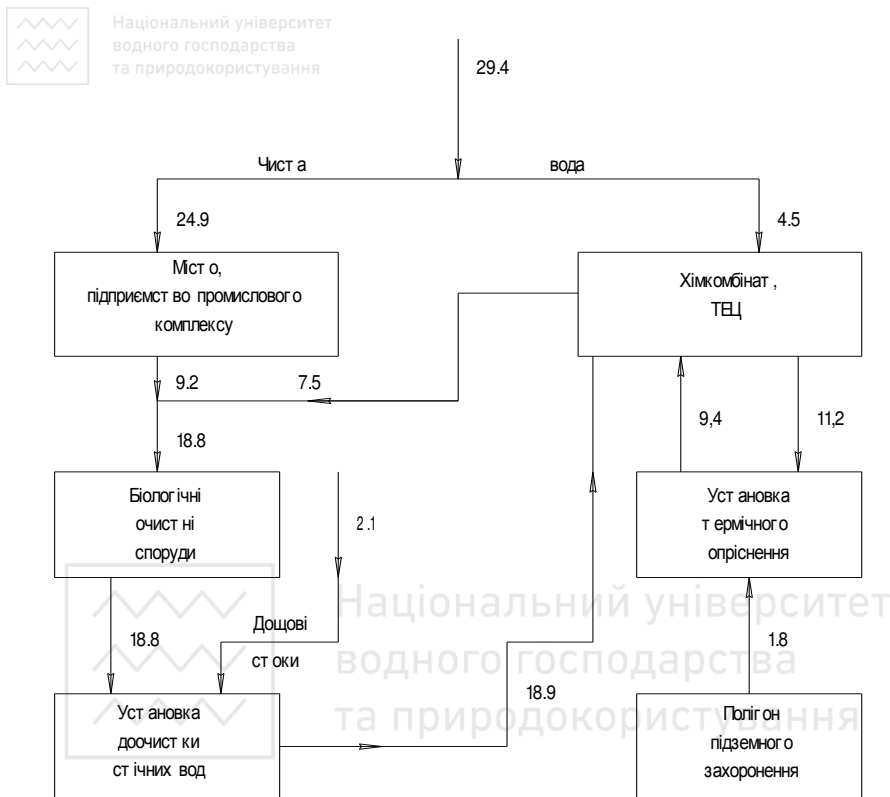


Рис.4.3. Комплексна схема і баланс водоспоживання з використанням стічних вод хімічного комбінату, ТЕЦ, міста і підприємства промислового комплексу (цифри – витрати води в тис. м³/добу за винятком беззворотніх втрат.)

4.4.3. Схема очищення і повторного використання стічних вод при виробництві хлору і каустичної соди

Схема очищення стічних вод, розроблена “Госнііхлор-проектом” (рис.4.4.), дозволяє припинити скидання стічних вод за межі хлорного виробництва, скоротити споживання свіжої води, сировини, енергетичних ресурсів. Ця схема придатна для виробництв, що працюють на солі, яка привозиться, і готується для отримання сирого розсолу.

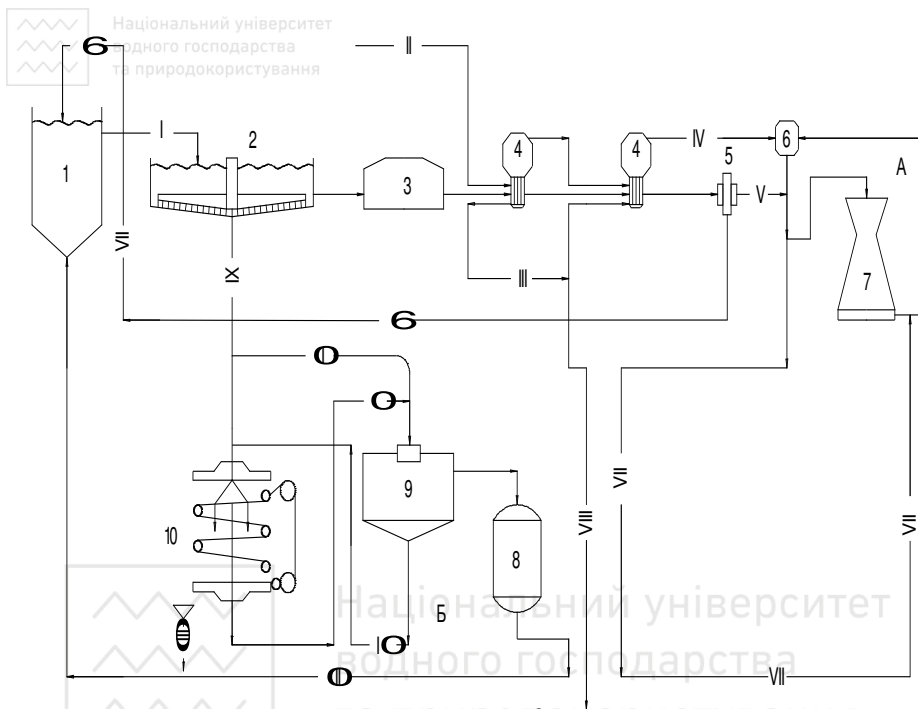


Рис. 4.4. Схема повторного використання стічних вод у виробництві хлору і каустичної соди

А- при зворотньому барометричному циклі; Б- при циклі очистки і повторному використанні мінералізованих стічних вод. Потоки: I- розсіл; II- первинний пар; III- конденсат; IV- вторинний пар; V- каустична сода; VI- сіль; VII- продувні води барометричного циклу на підживлення; VIII- конденсат на ТЕЦ; IX- осад; X- фільтр після фільтра-пресу; XI- мінералізовані стічні води; XII- оброблені стічні води на приготування розсолу; XIII- обезводнений шлам на утилізацію. Споруди: 1 –апарат для приготування розсолу; 2 – відстійник для очистки розсолу; 3 – електролізер; 4^I, 4^{II}- апарати для випарування щелоків відповідно під тиском і вакуумом; 6 – барометричний конденсатор; 7 – градирня; 8 – напірний фільтр; 9 – відстійник для очистки стічної води; 10- фільтр-прес.

Повторне використання всіх мінералізованих стічних вод виробництва забезпечується комплексом заходів:

- організацією раціонального споживання і багаторазового використання свіжої й зворотньої води, у тому числі створенням

замкнутих зворотніх циклів конденсації вторинної пари вакуумних корпусів випарки лугів, охолодження хлоргазу і водню;

- збором, усередненням і очищенням усіх мінералізованих стічних вод виробництва до відповідних вимог, які запропоновані до води для приготування розсолу; очищення стічних вод включає процеси відновлення активного хлору до хлориду на активованому вугіллі, автоматичне коректування значень pH, освітлення у відстійниках і напірних фільтрах, згущення, зневоднювання і промивання осаду на автоматичних фільтр-пресах ФПАКМ; це дає можливість повернути у виробництво очищені стічні води, а також утилізувати відходи;

- повторним використанням очищених стічних вод для технологічних потреб виробництва, у тому числі для зниження солевмісту зворотнього барометричного циклу випарки лугів, готування зворотнього і сирого розсолів тощо.

Зменшення енергетичних витрат на виробництво хлору і каустичної соди досягається шляхом часткової утилізації вторинних теплових ресурсів, таких як вторинна пара вакуумних корпусів випарки лугів.

Повторне використання мінералізованих стічних вод цілком ліквідує скидання стічних вод у водойму й в залежності від технологічної схеми виробництва забезпечує зменшення витрати свіжої води, хлориду і гідроксиду натрію, соляної кислоти, а також теплової енергії.

4.4.4. Система водного господарства автомобільних заводів

На автомобільному заводі [31] створена загальнозаводська система виробничого водопостачання і водовідведення з використанням очищених виробничих стічних вод.

При створенні цієї системи був вирішений ряд складних науково-технічних задач. Одна з них була обумовлена інтенсивним розвитком біологічних обростань (біозаростань) у спорудах системи. Пригнічення біозаростань стало можливим у результаті розробки режиму безперервного хлорування з періодичним підвищенням концентрації хлору центральної хлораторної у сполученні з додатковим введенням хлору від хлораторних, розміщених роздільно по території заводу.

Створення цієї системи дало можливість:



- скоротити забір води з поверхневого джерела для потреб виробничого водопостачання і відповідно зменшити скидання виробничих стічних вод;

- використовувати потужності водопровідних і, що звільнилися, каналізаційних споруд для нестатків розвитку міста і промислово-комунальної зони, а також уникнути дорогої реконструкції останніх;

- вперше у вітчизняній і закордонній практиці на найбільшому машинобудівному підприємстві досягти величини коефіцієнта водообігу, рівного 0,98;

- одержати значний економічний ефект, за рахунок відмовлення від реконструкції позамайданчикової системи каналізації;

- різко скоротити кількість забруднень, що скидаються в джерело з підприємств автозаводського промислового вузла, і, таким чином, внести вагомий вклад у справу охорони навколишнього природного середовища.

Розроблена також нова система виробничого водопостачання і водовідведення Запорізького автомобільного заводу .

Ця система складається з загальнозаводського циклу водообігу мало-концентрованих масло-шламо вміщуючих стічних вод і локальних замкнутих циклів водообігу відпрацьованих мастильно-охолоджувальних рідин (МОР), що миють і знежирюють розчини кислих і лужних стічних вод гідрофільтрів, фарбувальних камер із власними очисними спорудами і повторним використанням очищених стічних вод у тих же технологічних процесах. При такому рішенні не потрібне глибоке очищення різних стічних вод, що була б необхідна при їхній подачі у суміші на загальнозаводські очисні споруди з наступним використанням у різних технологічних процесах. У цьому випадку виникає можливість утилізації продуктів очищення стічних вод, а власне процес очищення значно спрощується й здешевлюється.

Розроблена нова система виробничого водопостачання і водовідведення Запорізького автомобільного заводу має ряд переваг у порівнянні з прийнятої раніше, тому що дає можливість:

- забезпечити стійке очищення до необхідних норм виробничих стічних вод, що повертаються в системи оборотного водопостачання і технологічні процеси, що включені в загальнозаводський цикл водообігу;



- здійснити на загальнозаводських спорудах менш глибоке очищення, чим це треба було б при скиданні стічних вод у водойму (до 15 замість 0,3 мг/л по мастильним продуктам) ;

- робити очищення мастиломістких стічних вод на очисних спорудах локальних замкнутих циклів водообігу до концентрацій (для миючих розчинів 250 — 600 мг/л), які значно перевищують величини, що припустимі при скиданні зазначених стічних вод на загальнозаводські очисні споруди при раніше прийнятій схемі водовідведення без локальних зворотніх циклів (150 мг/л);

- утилізувати і повторно використовувати продукти, що вилучаються при очищенні стічних вод;

- запобігти надходження неочищених МОР, концентрованих миючих і розчинів, що знежирюють, на загальнозаводських очисних спорудах, тим самим стабілізувати їх роботу і підвищити ефективність очищення;

- звести до мінімуму надходження фарбомістких стічних вод у системи виробничого водопостачання заводу й утворення в них важковиділяємих відкладень з часток фарби;

- запобігти скидання в Дніпро стічних вод, що містять мастилопродукти і фарбу;

- скоротити фактичний забір води з Дніпра для цілей виробничого водопостачання заводу майже в 5 разів (з 12300 до 2600 м³/доб).

4.4.5. Схема очищення і використання стічних вод целюлозно-картонного комбінату

Целюлозно-паперова промисловість є однією з найбільш водоемних галузей народного господарства. Головне джерело утворення забруднених стічних вод — виробництво целюлози, що базується на сульфатному і сульфітному способах варіння деревини й відбілювання напівфабрикатів із застосуванням хлоропродуктів.

Показники якості стічної води, яка надходить на очисну станцію складають:

Концентрація органічних забруднень по БПК ₅ , г/м ³ (т/добу).....	198(12,8)
Вміст зважених речовин, г/м ³ (т/добу).....	30 - 50(3,2)
Розчинних мінеральних речовин, г/м ³ (т/добу).....	300-400(25,6)
Величина рН:	
при зупинці картонної фабрики.....	7,5
загального стоку.....	11
температура стічних вод в зимовий час, °С (не менше).....	12



Тому для зменшення скиду забруднених стічних вод, застосовується зворотнє водопостачання, яке складає в середньому по галузі 75 %.

На рисунку 4.5 наведена схема використання стічних вод картонно – паперового виробництва.

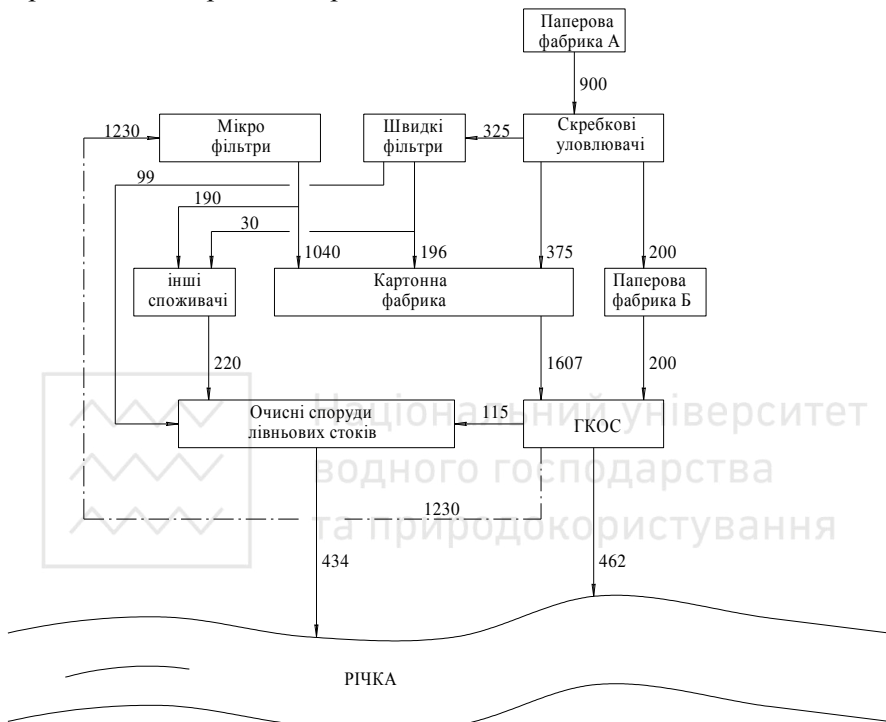


Рис. 4.5. Рациональна схема використання стічних вод підприємств картонно – паперової галузі (середні витрати м³/год)

Забезпечення водою картонної фабрики відбувається трьома потоками очищених стічних вод. Поток І, після пісковловлювачів та скребкових уловлювачів з реагентною обробкою бентонітом, використовується в технологічному процесі (промивці фільтрувальних тканин). Поток ІІ після скребкових уловлювачів направляється на глибоку очистку на швидких фільтрах, після яких може використовуватися в технологічних процесах з високими вимогами до якості. Поток ІІІ надходить на головні каналізаційні очисні споруди

(ГКОС) і після глибокої доочистки на мікро фільтрах подається в технологічних процесах.

На головних каналізаційних очисних спорудах передбачається комплекс біологічної та фізико-хімічної очистки з метою забезпечення вимог до якості зворотньої води.

Таблиця 4.6. Параметри якості води потоків

Номера потоків	Завислі речовини	БСК ₅	Кольоровість
I	< 10 мг/л	< 20 мг/л	100 град.
II	< 6 мг/л	12 мг/л	до 250 град.
III	20 мг/л	20 мг/л	-

На рисунку 4.6 наведена схема очистки стічних вод на ГКОС картонно-паперового комбінату.

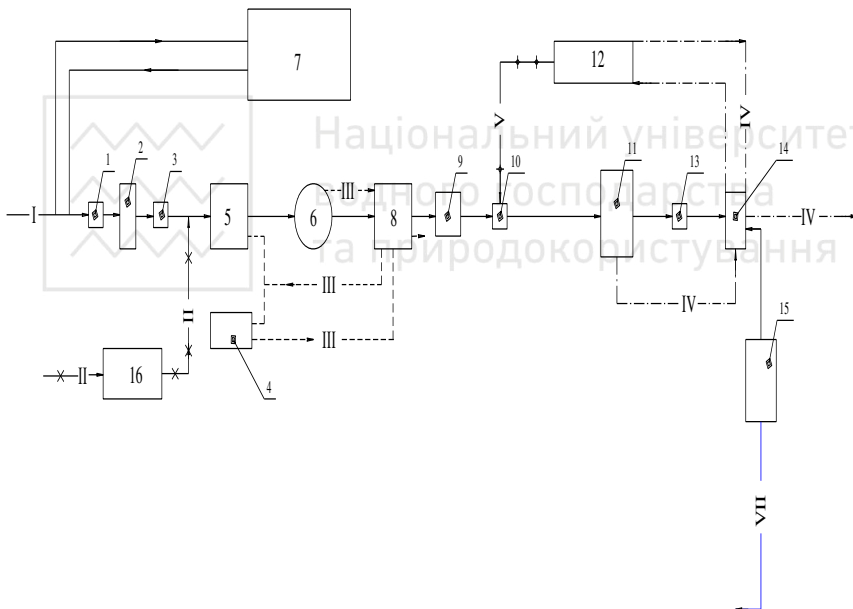


Рис.4.6. Схема очистки стічної води целюлозно-паперового комбінату (виробництва картону для тари):

Потоки: I-забруднені стічні води від комбінату; II- побутові стічні води; III- активний мул; IV– шлам з відстійників; V- відстоюна вода з шламоушільнювачів; VI –ущільнений шлам; VII- очищена вода в систему оборотного водопостачання комбінату. Споруди: 1 – змішувач-нейтралізатор; 2- усереднювач-преаератор; 3- змішувач біогенних добавок; 4- акумулятор



надлишкового активного мулу; 5 – аеротенки-змішувачі; 6 – вторинні радіальні відстійники; 7 – аварійний накопичувач; 8 – насосна станція для підкачки стічних вод і циркулятивного мулу; 9 – змішувач реагентів; 10- камера хлопкоутворень; 11- горизонтальні відстійники; 12- шламо-ущільнювачі; 13 – змішувач для каустичної соди; 14 – насосна станція для перекачки перероблених стічних вод і шламу; 15- змішувач для хлорованої води; 16- споруди для механічної очистки побутових стічних вод.

Забруднені стічні води подаються насосами на майданчик очисних споруд. Перед біологічною очисткою передбачається усереднення та підкислення стічних вод сірчаною кислотою з метою зниження рН з 11 до 8. Об'єм усереднювача розраховано на 4-х годинний термін перебування стічних вод. Перед біологічною очисткою в стічні води вводять розчини солей азоту та фосфору, після чого направляють до аеротенка-змішувача. Одночасно з виробничими до аеротенка надходять побутові стічні води. Після біологічної очистки стічні води направляються до вторинних радіальних відстійників з подальшим проходженням через вузли знебарвлення та хімічної очистки. Після біологічної очистки вміст завислих речовин зменшується з 300 до 20 мг/л, БСК₅ з 222 до 20 мг/л.

Техніко-економічні порівняння показують, що для целюлоз-картонного комбінату доцільне об'єднання всіх стічних вод, що містять органічні забруднення, в один потік з наступним біологічним очищенням стічних вод, що, надходять на очисні споруди.

4.5. Використання природних та стічних вод в сільському господарстві.

В системах водного господарства країни сільське господарство є дуже великим водоспоживачем, який визначає перспективи використання водних ресурсів та направлення водогосподарських заходів. Вода в сільському господарстві використовується на зрошення, обводнення та сільськогосподарське водопостачання. Порівняно з промисловим водопостачанням, де можливі впровадження мало-водних, безводних технологій, в сільському господарстві такі заміни неможливі. По кількості води, що використовується в сільському господарстві перше місце займає зрошення. Сільськогосподарські землі складають десятю частину суші, з них тільки шоста частина зро-

шується. Але в свою чергу, зрошувальні землі дають можливість отримати 40-50% сільськогосподарської продукції.

В цілому по країні існують великі диспропорції що до розміщення зрошувальних земель і тому важливим питанням є раціональне використання водних ресурсів, яке пов'язане з вирішенням ряду завдань:

- 1-розробка найбільш раціональних режимів зрошення для різних культур, в різних ґрунтово-кліматичних зонах;
- 2-максимальна економія води та скорочення невикористаних витрат (будівництво закритих зрошувальних систем, протифільтраційні заходи, використання маловодних засобів зрошення-крапельного зрошення);
- 3-впровадження автоматичного режиму поливу з врахуванням найбільш оптимального водоповітряного, теплового та підживлюючого режимів;
- 4-боротьба з вторинним засоленням та заболоченням земель.

Джерелами води для зрошення та обводнення можуть бути: річки, озера, підземні води, атмосферні води, стічні колекторно-дренажні води, води морів, в тому числі опріснені.

4.5.1. Характеристика якості води і джерел зрошення

Для систем мікрозрошення використовують поверхневі й підземні води, доочищені стічні води окремих видів промислових підприємств, тваринницьких ферм і комплексів, теплових електростанцій, опріснені води морів і солоних озер, атмосферні опади. Оскільки СМЗ впроваджуються в першу чергу в районах з обмеженими водними ресурсами й посушливим кліматом то практично у всіх випадках якість води, на більшій частині території країн СНД, є визначальною при рішенні питання про вибір місця будівництва й експлуатації таких систем. Можливість використання для зрошення природних поверхневих і підземних вод лімітується насамперед загальною мінералізацією, паразитологічними й епідеміологічними показниками, наявністю або відсутністю в ній пестицидів, іонів важких металів, гідро біонтів. Вода, застосовувана для зрошення сільгоспкультур, повинна задовольняти вимогам по змісту розчинних солей. Шкідливими стосовно сільськогосподарських культур є натрієві й хлористо-кальцієві солі. Непридатна для поливу вода з лужною реакцією й великим вмістом сульфатів, при наявності в ній нафтопродуктів, надлишку фтору й хлору.



На території України води великих річок — Дніпра, Дністра у весняний, літній й осінній повені, Південного Бугу до Нової Каховки й Одеси, а також його північних притоків (Саврань, Кодима) і всіх лівобережних (до м. Первомайська) є гідрокарбонатними з збільшеним вмістом кальцію, а також характеризуються малою мінералізацією (до 600 мг/дм^3). Таку ж мінералізацію мають води Дніпробугського лиману в період повені й артезіанські води Придніпров'я. Такі води придатні для зрошення.

До гідрокарбонатно-натрієво-кальцієвих і карбонатно-натрієвих вод з малою й середньою мінералізацією ($170\text{—}700 \text{ мг/дм}^3$) відносять води р. Дністер у межень (до м. Овідіополь), малих рік правобережжя Дніпра (типу Інгул, Інгулець, Тилигул.), проточні водойми на малих ріках, а також артезіанські води в районі піщаних і супіщаних терас р. Дніпро. Ці води також можна застосовувати для зрошення.

Обмежено придатні для зрошення води низів'я більших рік, лимани Дніпробугський, Дністровський, Інгулецький. Вони мають мінливість хімічного складу внаслідок припливу вод високої мінералізації. Середньо- і високомінералізовані ($750\text{—}1400 \text{ мг/дм}^3$) води мають середні величини постійної жорсткості. У південно-західній частині Одеської й центральної частини Херсонських областей (артезіанські води), а також у більшості ставків і водоймищ південних районів України, що не поповнювалися водами поверхневого стоку протягом ряду років, поширені хлоридно-натрієві води, мінералізовані ($1800\text{—}2000 \text{ мг/дм}^3$), що володіють середньою величиною постійної жорсткості. Для зрошення ці води варто застосовувати при гарному природному дренажі. Води Донецької області, лівобережжя ріки Дніпро (артезіанські), Донбасу (води шахтного водовідливу), ряду малих рік, що впадають в Азовське море, — сульфатні, сильно мінералізовані ($2000\text{—}4000 \text{ мг/дм}^3$), дуже жорсткі. Без попереднього поліпшення якості вони непридатні для зрошення. У степових районах України мінералізація вод рік у межень досягає 2000 мг/дм^3 і більше. У приморських степових районах Приазов'я, а також у степовій частині Криму поверхневі води багаті хлористим натрієм. Мінералізація води в межень досягає 10000 , під час весняної повені $400\text{—}600 \text{ мг/дм}^3$.

Гідрографічна мережа в Криму розвинена вкрай нерівномірно. Тут зустрічаються значні простори, позбавлені водотоків. У Криму налічується більше 150 рік і струмків, довжина 90 з них більше 10 км , вони головним чином гірські. Кримські ріки швидко пересихають

улітку й за кілька годин наповнюються водою при випадінні дощів і скрисанні снігу. Залежно від водності року в гірській частині Криму мінералізація річкових вод збільшується від повені до межені приблизно в 2 рази (від 220—500 до 500—900 мг/дм³, жорсткість від 2,4—4,5 до 4,5—8 мг-екв/дм³). Хімічний склад води частини рік Криму, що стікають із гір, міняється з гідрокарбонатно-кальцієвого на сульфатно-кальцієвий і сульфатно-хлористо-натрієвий.

Зміни фізико-хімічних, експлуатаційних та іригаційних показників якості води, використовуваної для мікрозрошення, викладені в Укргіпрводгоспі. Вода джерел водопостачання по своїх фізико-хімічних й іригаційних властивостях в основному задовольняє вимогам якості води систем мікрозрошення. Основними перешкодами при використанні озерних вод і вод з водоймищ є біообрастання. Необхідно також враховувати значення індексу стабільності води. Наявність вільної вуглекислоти здатна викликати корозію металовиробів і створити додаткове джерело засмічення водовипусків.

4.5.2. Причини засмічення елементів зрошувальних систем

Як правило, елементи поливної мережі, зокрема крапельниці, забруднюються тими речовинами, які перебувають у зрошувальній воді, наприклад зваженими речовинами мінерального походження, окислами заліза, підвищеним вмістом розчинених інгредієнтів, фіто- і зоопланктоном, розчиненими газами (зокрема H₂S), мікроорганізмами (бактеріями й ін.).

Фізичні перешкоди є наслідком осадження зважених речовин, що містяться в поливній воді. Насамперед це зважені речовини мінерального походження, які з'являються у воді в результаті розмиву дна й берегів поверхневих джерел водопостачання (пісок, глинисті частки, карбонати) або внаслідок корозії металевих труб й арматури водозабірних шпар (пісок, окисли тривалентного заліза). Поливні трубопроводи й крапельниці забиваються в результаті процесу седиментації зважених речовин. Припустимі концентрації зважених часток варіюють залежно від вимог не тільки крапельниць-водовипусків, але й інших елементів зрошувальної системи.

При заборі води на зрошення зі шпар, а також з поверхневих джерел, що містять підвищені концентрації заліза, спостерігається

забивання крапельниць і засмічення трубопроводів окислами тривалентного заліза у зваженому стані.

При зрошенні підземними водами окис заліза утворюється внаслідок доступу кисню повітря в шпару, а у відкритих водоймах відносно високі концентрації заліза створюються за рахунок вивітрювання первинних і вторинних гірських порід. Біологічні перешкоди створюються бактеріями, мікроскопічними грибами, фіто- і зоопланктоном. Потрапляючи в поливну мережу, ці гідробіоти при сприятливих умовах (підвищена температура, освітленість, наявність кисню) починають швидко розмножуватися, збільшується їх біомаса, утворюється слиз, мул, осаді тяжко розчинних хімічних сполук. Результатом цього є закупорка, а іноді й заростання краплинних водовипусків, поливних труб й інших елементів зрошувальної мережі.

Найчастіше краплинні водовипуски забиваються діатомовими, синьо-зеленими водоростями. При поливі підземними водами, що містять сірководень, залізо, сіро- і залізо-бактерії, біологічні перешкоди проявляються найбільше чітко. Причиною цього є відкладення мулистих суспензій сірчаного слизу або продуктів життєдіяльності бактерій. Потрапляючи в зрошувальну мережу, бактерії розвиваються на стінках арматури, трубопроводів і крапельниць, зв'язуючи зважені й колоїдні частки, які містяться в поливній воді.

Важливу роль у таких перешкодах грають процеси коагуляції зважених часток, що перебувають у колоїдному стані. Цьому сприяють прогрівання зрошувальної води при русі її по поливних трубопроводах і періодичність роботи зрошувальної системи, внаслідок чого вода застоюється в трубопроводі й прогрівається ще більше. Під впливом зовнішніх температур зрошувальна вода в поливних трубопроводах і крапельницях нагрівається до 30—40°C і вище. Відбувається порушення карбонатно-бікарбонатної рівноваги й випадіння в осад важко розчинних карбонатів лужноземельних металів, утворення, так званих, вапнякових відкладень. Через нагрівання й випаровування у воді в трубопроводах і крапельницях збільшується концентрація розчинених іонів. Створюються умови для взаємодії аніонів кремнієвої кислоти з іонами лужноземельних (кальцій, магній) і важких металів з утворенням мінеральних відкладень. У крапельницях, особливо поблизу водовипускних отворів, викристалізуються розчинні у воді солі. Солевміст - дуже важливий фактор, що впливає на якість води, що не сприяє закупорці

крапельниці доти, поки розчинені іони не стануть взаємодіяти з іншими речовинами для утворення осаду і наростів слизу. Осадження карбонату кальція властиво всім аридним зонам з водами, багатими кальцієм і бікарбонатом.

4.5.3. Системи підготовки води для зрошення

Водоочисні споруди для систем зрошення можуть розташовуватися поблизу джерел водопостачання або на значному видаленні від них - безпосередньо біля об'єктів зрошення (рис. 4.7.).

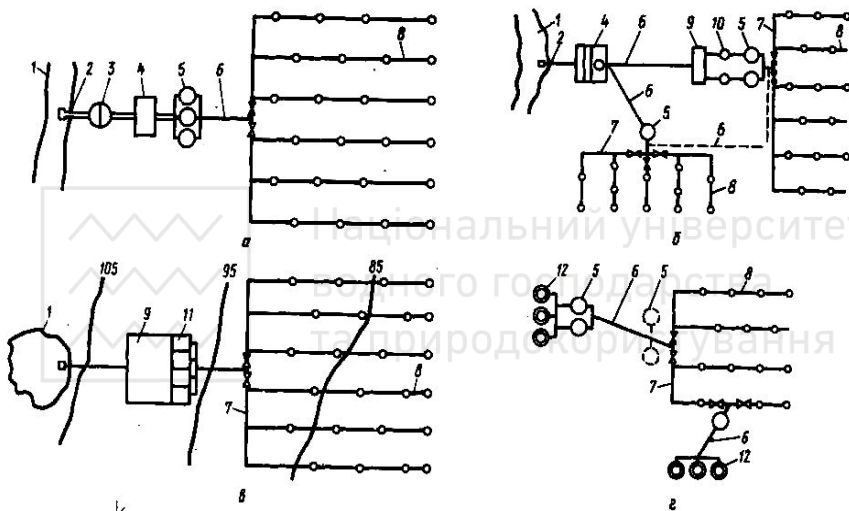


Рис.4.7. Схеми розміщення очисних споруд на системах мікрозрошення:

а - централізована з однібічним харчуванням зрошувальної мережі;
 б - розосереджена, з розташуванням блоку очищення поблизу кожного зрошуваної ділянки;
 в - централізована з відкритими очисними спорудженнями й гравітаційною подачею води;
 г - з розосередженими підземними джерелами водопостачання й двостороннім харчуванням зрошувальної мережі:
 1 – джерело водопостачання; 2 й 3 - водозабірні спорудження; 4 - насосні станції; 5 й 11 - очисні спорудження; 6 - водоводи; 7 й 8 - зрошувальна мережа; 9 - регулюючі басейни; 10 - колодязі керування; 12 - водозабірні шпари

При виборі місця розташування очисних споруд необхідно враховувати: площу зрошуваної ділянки і її конфігурацію; трасування

магістральних і поливних дільничних трубопроводів; вплив якості вихідної води на гідравлічний режим водоводів; зміну якості води в результаті часткового відстоювання її в регулюючих басейнах біля станцій підкачування; можливе погіршення якості очищеної води в процесі перекачування по напірним сталевим водоводами до об'єкта зрошення; можливість забезпечення очищення води на одній станції для декількох зрошуваних ділянок, розташованих на певній відстані один від одного; можливість і раціональність створення локального очищення води для окремих ділянок масиву зрошуваних земель.

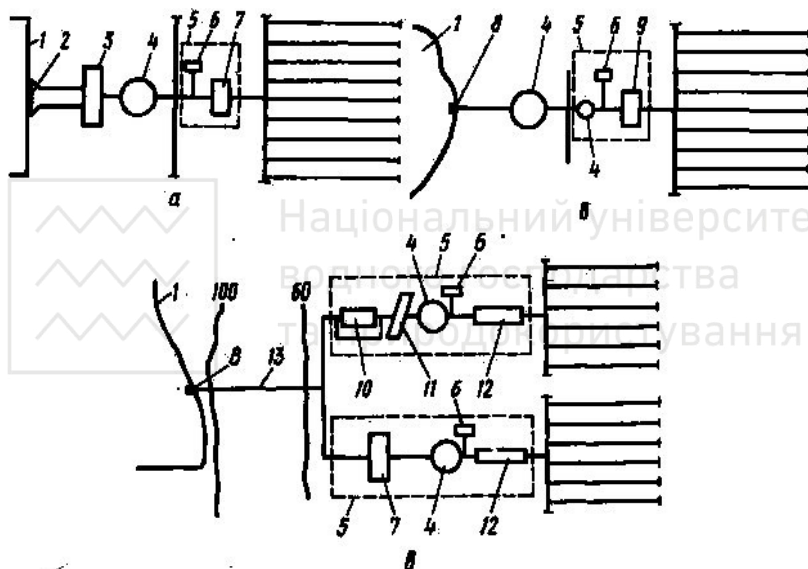


Рис. 4.8. Технологічні схеми водопідготовки на СМЗ України:

а - з напірними сітчастими фільтрами й фільтруючими касетами; б - з гідроциклонами різних конструкцій; в - з мікрофільтрами й сітчастими фільтрами перед кожним модулем системи: 1 – джерело водопостачання; 2,3,8 й 13 - елементи водозабірному вузла; 4 - насоси; 5 - огороження площадок очищення, внесення добрив і систем автоматичного керування поливом; 6 - вузол внесення добрив; 7,9,11 й 12 - сітчасті фільтри й гідроциклони; 10 - мікрофільтр.



4.5.4. Системи краплинного зрошення

Системи краплинного зрошення (СКЗ) дозволяють здійснювати безперервну малоінтенсивну тривалу подачу води в кореневу зону зрошуваних культур відповідно до фізіологічних потреб останніх і вологістю ґрунту. Розосередження потоку, що досягає при цьому, поливної води дозволяє зменшити діаметри поливних труб. Відмінними рисами таких систем є: значна довжина поливної мережі; велика кількість водовипусків (800-1000 шт./га); малі швидкості руху води в поливних трубопроводах і водовипусках (крапельницях); високі вимоги до ступеня очищення поливної води.

Великомасштабна СКЗ із площею масивів до 100-500 га й більше забезпечується водою за допомогою головної насосної станції, що подає воду з джерела водопостачання у відкриті канали або напірні трубопроводи й регулюючі басейни, розташовані поблизу зрошуваних ділянок або масивів (рис.4.9.).

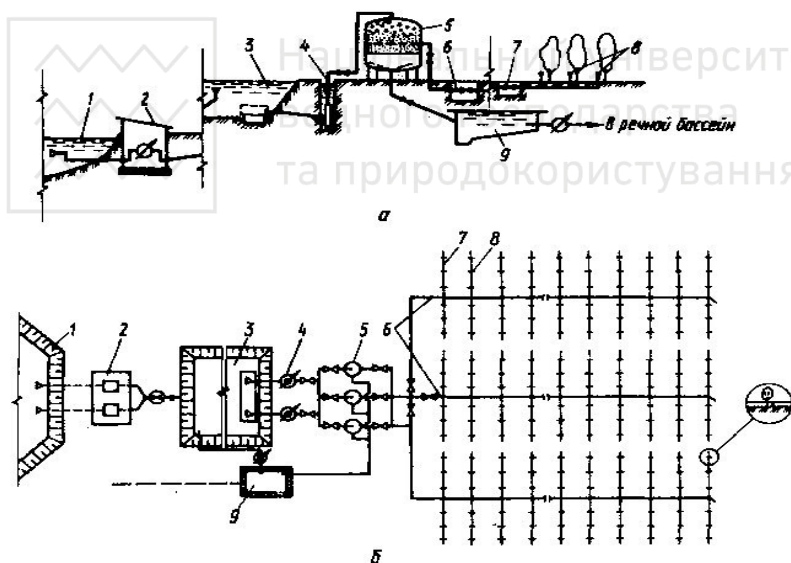


Рис. 4.9 .Система краплинного зрошення із саморегулюючими водовипусками: а - висотна схема; б - планова схема: 1 –джерело водопостачання ; 2 - НС I, 3 - регулюючий басейн; 4 - НС II з артезіанськими насосами; 5 - очисна станція з напірними пінополістирольними фільтрами ФПЗ-3,4-150; 6 - магістральний водопровід; 7 - розподільні дільничні трубопроводи; в - краплинні водовипуски; 9 - басейн для збору й відстоювання промивної води



Поруч із басейнами споруджується необхідна кількість шпар глибиною до 6-8 м, у яких розміщують заглибні електронасоси. Вода до них надходить із басейну по самопливних коротких трубопроводах, розтруби яких розміщені в спеціальних оголовках, перекритих сітчастим полотном з розміром комірок сітки від 2 до 5 мм. Завдяки розміщенню агрегатів насосів безпосередньо в шпарах відпадає необхідність у будівництві будинків насосних станцій, що істотно знижує витрати на будівництво системи.

4.5.5. Мікродощування

При мікродощуванні (мілкоструминне, мілкодисперсне зрошення) використовують маловитратні (звичайно від 16 до 50-300 л/год) дощувальні насадки, що працюють під тиском 0,1-0,4 Мпа і які забезпечують підкронове мілкодисперсне розпилення дощу. Системи бувають стаціонарні й напівстаціонарні, іноді об'єднані зі СКЗ. У порівнянні зі звичайним дощуванням мікродощування дозволяє заощаджувати на 20-30% воду, електроенергію, одержувати збільшення врожаю на 20-30%, виключає ерозію й замулення поверхні ґрунтів.

Технічні засоби для мікродощування розроблені й виготовляються УкрНдІгімом і УкрНПос.У стаціонарних системах мікродощування, впроваджених УкрНПос, поливна мережа з поліе-тиленових труб 20 й 25 мм підвішується до несучого дроту, прикріпленого до опорних стовпчиків або стовбурів дерев. Довжина поливних трубопроводів звичайно становить 120-150 мм.

Мікрородовипуски встановлюються на патрубках-відводах, забезпечуючи осередкове або суцільне вздовж ряду дерев зрошення. Стаціонарна система мікродощування складається з водозабірної вузла, насосної станції, водоочисних засобів, розподільної мережі (магістральні й дільничні трубопроводи, виготовлені з азбестоцементу або пластмаси), змонтованої на глибині 1 м від поверхні землі, і пластмасових поливних трубопроводів, підвішених на несучому дроті, натягнутому уздовж рядів дерев.

Питання контролю знань по четвертому розділу

1. Мета раціонального використання водних ресурсів.
2. Надати характеристику оцінки водного балансу водних ресурсів.



3. Які інженерні рішення можливі при позитивному балансі для років 5-го та 50% забезпеченості.

4. Визначити відсоток використання зворотньої води підприємством, якщо початковий забір води із джерела складає $Q_d = 1.0 \text{ м}^3/\text{с}$. Незворотній відсоток використання води $V_{\text{незв}} = 30\%$ стічних вод після очисних споруд планується подавати на підприємство.

5. Визначити відсоток незворотніх витрат води на підприємстві, якщо витрата води:

– що скидається у водоймище $Q_{\text{скид}} = 0.5 \text{ м}^3/\text{с}$;

– що використовується послідовно: $Q_{\text{посл}} = 0.25 \text{ м}^3/\text{с}$;

– витрата води, що підживлює систему: $Q = 0.25 \text{ м}^3/\text{с}$.

6. Визначити концентрацію хрому у суміші стічних вод, які надходять від гальваноцехів підприємства на локальні очисні споруди, якщо $q_1 = 0.5 \text{ м}^3/\text{с}$;

$q_2 = 0.15 \text{ м}^3/\text{с}$; $q_3 = 0.35 \text{ м}^3/\text{с}$; $C_1 = 0.5 \text{ мг/л}$; $C_2 = 1.0 \text{ мг/л}$; $C_3 = 0.05 \text{ мг/л}$,

де q_{1-3} – витрата стічних вод від цехів; C_1 – C_3 – концентрації іонів хрому у стічних водах.

7. Привести класифікацію підземних вод.

8. Що розуміють під експлуатаційними витратами.

9. Надати характеристику балансових та позабалансових експлуатаційних запасів підземних вод.

10. Яким чином впливає антропогенний (техногенний фактор) на якість підземних вод.

11. Що розуміється під терміном “антропогенне” забруднення підземних вод.

12. Стадії та види забруднень підземних вод.

13. Що розуміється під захищеністю водоносних горизонтів.

14. Характеристика забруднення підземних вод.

15. Формування зон санітарної охорони.

16. Розрахувати зону санітарної охорони, якщо продуктивність водозабору $1800 \text{ м}^3/\text{добу}$. Розрахунковий час просування мікробних забруднень 400 діб; потужність водоносного шару 30 м; активна пористість порід 30%.

17. Привести фактори, які необхідно враховувати при використанні попередньо очищених стічних вод у системі повторного водопостачання.

18. Навести фактори, які впливають на необхідність впровадження замкнутої системи водопостачання.

19. Які основні передумови для створення замкнутих систем водного господарства.

20. Які системи водовідведення можливо передбачити на промислових підприємствах.

21. Основні напрямки екологічного оздоровлення басейнів водних джерел.

22. Основні цілі безпечного використання одних ресурсів.

23. Шляхи екосистемного регулювання охорони водних джерел.

24. Розрахувати коефіцієнт змішування річкової води із стічними водами, якщо $Q_{95\%} = 3.5 \text{ м}^3/\text{с}$; відстань до розрахункового створу $L = 1250 \text{ м}$; коефіцієнт, який враховує ... річки $\alpha = 0.78$. Витрата води, яка забирається із джерела підприємством $Q_{\text{дж}} = 0.3 \text{ м}^3/\text{с}$, коефіцієнт незворотніх втрат води становить $V_{\text{незв}} = 58\%$.

25. Визначити кратність розбавлення стічних вод річковою водою, в максимально забрудненому струмені розрахункового створу, якщо витрата води, яка скидається до водоймища $Q_{\text{скид}} = 1 \text{ м}^3/\text{с}$ $Q_{95\%} = 4.5 \text{ м}^3/\text{с}$; відстань до розрахункового створу $L = 1700 \text{ м}$; коефіцієнт звивості річки-1.25; середня швидкість руху води у річці 3.5 м/с ; глибина річки 4.5 м .

26. За якими показниками визначається ступінь очистки стічних вод.

27. Визначити ступінь необхідної очистки за завислими речовинами, якщо відомо, що концентрація завислих речовин стічних вод 110 мг/л . Вміст завислих речовин у водоймі до скидання стічних вод 50 мг/л , розрахункові витрати води: у річці $50 \text{ м}^3/\text{с}$, стічних вод $0.5 \text{ м}^3/\text{с}$, коефіцієнт змішення 0.8 .

5. Економічна модель водогосподарської діяльності підприємства

С точки зору водогосподарської діяльності, яка здійснюється підприємствами можна виділити два типи підприємств – "звичайні" підприємства і підприємства водокомунального господарства (ВКГ). Крім того, "звичайні" підприємства розрізняються по способу водопостачання та водовідведення (рис.1). По-перше, підприємство може здійснювати водоскид (водозабір) тільки в природний водний об'єкт (ПВО) (підприємство А); по-друге, підприємство може бути абонентом природного водного господарства (ПВГ) та здійснювати водоскид (водозабір) тільки в систему ВКГ (підприємство В); по-третє, підприємство може бути абонентом ПВГ, в той же час

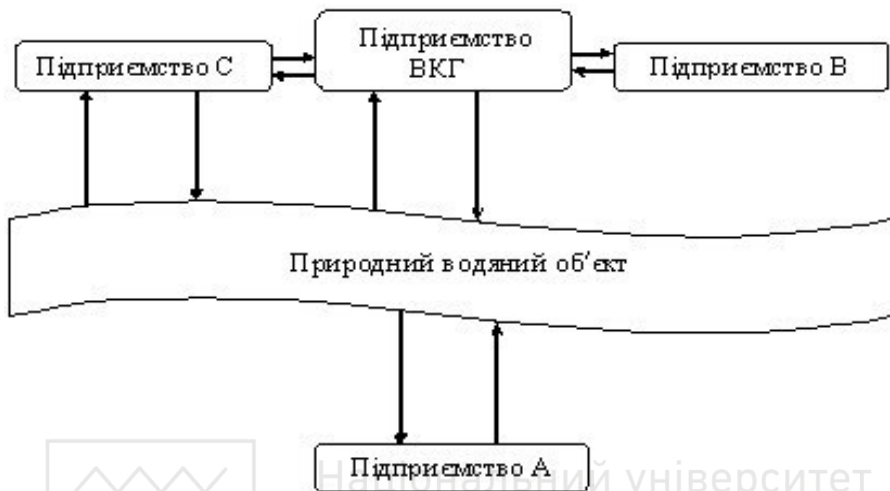


Рис.5.1. Три види підприємств-водокористування

Економічна модель розглядає водогосподарську діяльність підприємства з точки зору фінансових ресурсів, які витрачаються підприємствами на виплату водовідведення та водопостачання в відповідності з законами. Нехай існує n можливих заходів, кожне з яких незалежно від останніх може бути ввімкнено в план відповідаючим фінансовим забезпеченні. Введемо вектор x розмірності n , кожен елемент якого x_k , $k=1, \dots, n$ може приймати значення 0 або 1, причому $x_k=1$, якщо k -тий захід увійшов в план, то $x_k=0$ в протилежному випадку. Ясно, що число найрізноманітніших значень, які приймаються вектором x , рівне 2^n . Позначимо через λ_k , $k=1, \dots, n$ витрати на проведення k -того заходу, а через

$$\Lambda(x) = \sum_{k=1}^n \lambda_k x_k \quad (5.1)$$

підсумкові затрати на здійснення комплексу заходів, визначеного вектором x .

В цьому випадку економічні показники діяльності підприємства можуть бути записані у вигляді залежностей від x :



$N(x)$ чистий прибуток підприємства (net profit);
 $C(x)$ собівартість виготовленої продукції (cost price);
 $B(x)$ балансовий прибуток (balance profit);
 $T(x)$ податок на прибуток зі ставкою податку μ (profit tax);
 $R(x)$ виручка (revenue);
 $P(x)$ платежі (payments) за водокористування ПВО, включаючи платежі;
 $S(x)$ за нормативне (standart);
 $O(x)$ за понаднормативне водокористування;
 $\tilde{P}(x)$ платежі за користування послугами підприємства ВКГ,
 включаючи платежі;
 $F(x)$ частина чистого прибутку, який переводиться підприємством в свій екологічний фонд для фінансування комплексу водоохоронних заходів;
 $L(x)$ чистий прибуток підприємства від продажу ліцензій на забруднення.

Плата за скид забруднення в ПВО стягується в залежності від співвідношення між фактичним збором $m_i(x)$ збруднюючої речовини i -того виду та нормативно заданими гранично допустимими $M\alpha_i$, або тимчасово погодженими $M\beta_i$ скидами.

Сучасна нормативна база встановлює такі наступні принципи розрахунку платежів за водокористування.

1. Основою для розрахунку плати за скид ЗР в ПВО являється маса збруднень, яка міститься в стічних водах підприємства.

$$P_m^s(x) = \sum_i r\alpha_i * \min(m_i(x), M\alpha_i) \quad (5.2)$$

$$P_m^s(x) = \sum_i r\beta_i * \min(M\beta_i - M\alpha_i, \max(O, m_i(x) - M\alpha_i)) \quad (5.3)$$

$$P_m^s(x) = 5 * \sum_i r\beta_i * \max(O, m_i(x) - M\beta_i) \quad (5.4)$$

Частина маси ЗР, яка лежить в межах річного допустимого скиду (ПДС) $M\alpha_i$ (окремо по кожному ЗР), виплачується з мінімальними ставками $r\alpha_i$ і відноситься до собівартості продукції підприємства.



Оплата перевищення ПДС і ВСС ($M\beta_i$) здійснюється з прибутку підприємства зі ставками $r\beta_i > r\alpha_i$ і $5 \leq r\beta_i$, відповідно.

1. Основою для розрахунку плати за забір води з ПВО являється фактичний об'єм спожитої води.

$$P_m^w(x) = t_\alpha * \min(V^w(x), V_\alpha^w) \quad (5.5)$$

$$P_t^w(x) = t_\beta * \min(V_\beta^w - V_\alpha^w, \max(O, V^w(x) - V_\alpha^w)) \quad (5.6)$$

$$P_B^w(x) = 5 * t_\beta * \max(O, V^w(x) - V_\beta^w) \quad (5.7)$$

3. Основою для розрахунку плати за водовідведення в систему ВКГ являється фактичний об'єм стічних вод, який приймається ПВГ від абонента. Договір, укладений підприємством-абонентом і ПВГ, як правило, на рік, передбачає три види лімітів водовідведення: для населення - V_o^{sp} ; для інших споживачів і промпідприємств - V_o^{sb} ; для інших споживачів і промпідприємств - V_o^{sf} . Вираховування об'ємів (по договору) здійснюється в м³/міс.

$$P^{sp}(x) = t^{sp} * \min(V^{sp}(x), V_o^{sp}) \quad (5.8)$$

$$P^{sb}(x) = t^{sb} * \min(V^{sb}(x), V_o^{sb}) \quad (5.9)$$

$$P^{sf}(x) = t^{sf} * \min(V^{sf}(x), V_o^{sf}) \quad (5.10)$$

$$P_B^{sp}(x) = 3 * t^{sp} * \max(O, V^{sp}(x) - V_o^{sp}) \quad (5.11)$$

$$P_B^{sb}(x) = 3 * t^{sb} * \max(O, V^{sb}(x) - V_o^{sb}) \quad (5.12)$$

$$P_B^{sf}(x) = 3 * t^{sf} * \max(O, V^{sf}(x) - V_o^{sf}) \quad (5.13)$$

Оплата об'ємів стічних вод в межах встановлених границь здійснюється по тарифам t^{sp} , t^{sb} , t^{sf} відповідно і відносяться на собівартість продукції підприємства. Підвищена плата знімається з прибутку абонента і створює прибуток ПВГ в наступних випадках:

а) при перевищуванні встановлених лімітів в трикратному розмірі діючого тарифа за кожен кубометр понадграничного скиду;

б) при перевищенні допустимої концентрації по k забруднювачам, з тарифом, збільшеним в $k+1$, але не більше чим в 10 разів за фактичний об'єм водовідведення;

с) при скиданні речовин, які не відділяються на очисних спорудах ПВХ, а також за негайний скид любого виду забруднень з 10-кратним тарифом за кожен кубометр стічних вод.

Підвищена плата нараховується окремо по кожному виду порушень.

4. Основою для розрахунку плати за водоспоживання з системи ВКГ, також як і за забір води з ПВО, являється фактичний об'єм спожитої води. Договір між підприємством-абонентом і ПВГ, поряд з трьома видами лімітів водовідведення, передбачає три аналогічних види ліміту водоспоживання: для населення $-V_o^{wp}$; для бюджетних організацій - V_o^{wb} ; для інших споживачів і промпідприємств - V_o^{wf} .

$$P^{wp}(x) = t^{wp} * \min(V^{wp}(x), V_o^{wp}) \quad (5.14)$$

$$P^{wb}(x) = t^{wb} * \min(V^{wb}(x), V_o^{wb}) \quad (5.15)$$

$$P^{wf}(x) = t^{wf} * \min(V^{wf}(x), V_o^{wf}) \quad (5.16)$$

$$P_B^{wp}(x) = 5 * t^{wp} * \max(O, V(x) - V_o^{wp}) \quad (5.17)$$

$$P_B^{wb}(x) = 5 * t^{wb} * \max(O, V^{wb}(x) - V_o^{wb}) \quad (5.18)$$

$$P_B^{wf}(x) = 5 * t^{wf} * \max(O, V^{wf}(x) - V_o^{wf}) \quad (5.19)$$

Оплата водоспоживача в межах встановлених границь здійснюється по тарифам t^{wp} , t^{wb} , t^{wf} відповідно і відноситься до собівартості продукції підприємства. За понадграничне водоспоживання стягується плата з прибутку абонента в розмірі п'ятикратного тарифа, виходячи з об'ємів використаної води за розрахунковий період.

Передбачена незалежна ступінь очистки води після впровадження будь-якого k – того заходу від здійснення інших заходів, позначимо через Δm_{ik} зниження скиду i -того ЗР в результаті k -того міроприємства ($k = 1, \dots, n$). Тоді:



$$\sigma_i(x) = \sum_{k=1}^n \Delta m_{ik} x_k \quad (5.20)$$

підсумкове зниження скиду цієї ЗР, причому ситуація, при якій $x_k = 0$ при всіх $k=1, \dots, n$ відповідає випадку відсутності заходу.

Крім зниження скиду ЗР, в результаті заходів можуть бути знижені об'єм забору води з ПВО (V^w), об'єми водовідведення в систему ВКГ (V^{sp} , V^{sb} , V^{sf}) і об'єми водоспоживання з системи ВКГ (V^{wp} , V^{wb} , V^{wf}). Позначимо через ΔV_{jk} зниження j -того об'єму ($j \in \{w, sp, sb, sf, wp, wb, wf\}$) в результаті k -того заходу ($k=1, \dots, n$). Відповідно, підсумкове зниження j -того об'єму:

$$\zeta_j(x) = \sum_{k=1}^n \Delta V_{jk} \quad (5.21)$$

В цьому випадку вираз для фактичного скиду i -того підприємства може бути записаний як $m_i(x) = \max(O, m_i(O) - \sigma_i(x))$, де $m_i = 0$ - скид i -того ЗР в відсутності заходів, а вираз для фактичного скиду при заборі j -того об'єму води як:

$$V^j(x) = \max(O, V^j(O) - \zeta_j(x)). \quad (5.22)$$

Платежі за водокористування ПВО $P(x) = S(x) + O(x)$, при чому:

$$P(x) = P_m^s(x) + P_m^w(x) \quad (5.23)$$

$$O(x) = P_t^s(x) + P_B^s(x) + P_t^w(x) + P_B^w(x) \quad (5.24)$$

Платежі за користування послугами підприємства ВКГ $P(x) = \tilde{S}(x) + \tilde{O}(x)$ (5.25)

$$\tilde{S}(x) = P^{sp}(x) + P^{sb}(x) + P^{sf}(x) + P^{wp}(x) + P^{wb}(x) + P^{wf}(x), \quad (5.26)$$

$$\tilde{O}(x) = P_B^{sp}(x) + P_B^{sb}(x) + P_B^{sf}(x) + P_B^{wp}(x) + P_B^{wb}(x) + P_B^{wf}(x). \quad (5.27)$$

Податок на прибуток може бути записаний як:



$$T(x) = \mu * B(x) - \min(0.3 * \mu * \Lambda(x); 0.5 * \mu * B(x)) \quad (5.28)$$

де другий член характеризує податкові пільги підприємству, яке здійснює капіталовкладення на водоохоронну діяльність [2].

В розрахунках для спрощення прийнято, що $R(x)=R$ (не залежить від складу заходів), а всі заходи субсидуються як капіталовкладення (це дозволяє записати податкові пільги у формі (5.28)). Облік експлуатаційних та інших затрат при розрахунку розміра податку можливий при незначному коректуванні формули (5.28).

При цих передмовах маємо:

$$C(x) = C(O) - S(O) - \check{S}(O) + S(x) + \check{S}(x) + v * \Lambda(x), \quad (5.29)$$

де v - коефіцієнт амортизаційних відрхувань на відновлення водоохоронних споруд, а $B(x)=R-C(x)$.

Параметр $F(x)$ визначається по значенню вектора x на основі виконаних двох умов. По-перше, проведення водоохоронних заходів за рахунок чистого прибутку не повинно приводити до збитковості підприємства, звідки:

$$O \leq F(x) \leq B(x) - T(x) - O(x) - \check{O}(x) + L(x) \quad (5.30)$$

По-друге, можливість здійснення заходів обмежена об'ємом фінансування водоохоронної діяльності

$$\Lambda(x) \leq J(x) + E(x) + v * \Lambda(x) + F(x), \quad (5.31)$$

де $J(x)$ - бюджетне надходження на компенсацію заходів по відновленню та охороні водних об'єктів;

$E(x)$ - надходження з районних експлуатаційних фондів (РЕФ). Принцип розподілення засобів РЕФ (так як вид функції $E(x)$ повинен бути заданий априорно. Так, приклад, $E(x)$ може вираховуватись, як $E(x)=d*P(x)$, де $d>0$ – задана постійна.

Амортизаційні відрхування $v \Lambda(x)$ на знову введені водоохоронні споруди входять в собівартість продукції і можуть бути використані для фінансування природоохоронної діяльності підприємства [2].

Для розрахунку $F(x)$ повинно бути:



$$F_1(x) \leq F(x) \leq F_2(x),$$

$$F_1(x) = \max\{0; \Lambda(x) - J(x) - E(x) - v^* \Lambda(x)\}, \quad (5.32)$$

$$F(x) = B(x) - T(x) - O(x) - \tilde{O}(x) + L(x). \quad (5.33)$$

У випадку $F_1(x) > F_2(x)$ підприємству вигідно прийняти $F(x)$ рівним $F_1(x)$, що відповідає відрахуванню мінімального об'єму засобів з чистого прибутку підприємства в його екологічний фонд для фінансування водоохоронних заходів. В протилежному випадку, так як при $F_1(x) > F_2(x)$, очевидно, що набір x не входить в область допустимих значень рішення.

Цільова функція оптимізаційної задачі формулюється як:

$$N(x) = B(x) - T(x) - O(x) - \tilde{O}(x) - F(x) + L(x) \rightarrow \max. \quad (5.34)$$

Обмеження на зверхнормативні скиди обумовлюється умовами зупинки підприємства, при яких буде порушено відношення:

$$O(x) + \tilde{O}(x) \leq B(x) - T(x) \quad (5.35)$$

Отже, експериментальна задача максимізації функціонала (5.34) при обмеженні (5.33), (5.35) і умові $x_{ij} \in \{0;1\}$ характеризує в збільшеному вигляді розглядаючи модель. В цій дискретній задачі цільова функція і обмежена нелінійна з-за нелінійності додатків, визначаючих платежі.

Для рішення задачі здійснюється прямий перебір можливих значень вектора x з перевіркою обмежень (5.34) і (5.35). В процесі перебору зберігається варіант, забезпечуючий поточний максимум (5.34). Можливість рішення задачі прямим перебором обумовлена тим, що для окремо розглянутого підприємства розмірність вектора x незначна: рідко коли число n досягає 10-15. Дана модель являється основою розробленої методики управління якістю води створеного річкового басейну. Припускаючи, що підприємство буде намагатися збільшити свій прибуток, методика дозволяє знайти умови при яких підприємству стає вигідним впровадження природоохоронних заходів і, відповідно, зниження рівня забруднень.



Додаток 1

Загальні вимоги до якості води пунктів питного та Культурно-побутового водокористування

Показники складу та якості води водойм	Категорія водокористувача	
	Господарсько-питне водоспоживання	Зони рекреації (купання, спорт та відпочинок, водойми в межах міста)
Плаваючі домішки	На поверхні водойм не повинні існувати плаваючі плівки, п'ятна мінеральних масел та накопичення інших домішок	
Завислі речовини	Склад їх не повинен збільшуватися більше чим на:	
	0,25 мг/л	0,75 мг/л
Колір	Не спостерігається на стовбчику:	
	20 см	10 см
Температура	Літня температура води внаслідок скиду стічної води не повинна підвищуватись більше ніж на 3 ⁰ С порівнянно із середньомісячною температурою самого теплого місяця року за останні 10 років	
Реакція	Не повинна перевищувати межі 6,5...8,5 рН	
Мінеральний склад	Не повинен перевищувати по твердому залишку 1000 мг/л, в тому числі хлоридів 350 мг/л, сульфатів 500 мг/л	
Розчинний кисень	Не повинен бути менше 4 мг/л в будь який період року в пробі, відібраній до 12 годин дня	
Біохімічна потреба в кисні	Повна потреба в кисні води при t = 20 ⁰ С не повинна перевищувати:	
	3 мг/л	6 мг/л
Збуджувачі захворювань	Повинні бути відсутніми у воді	
Токсичні речовини	Не повинні спостерігатися в концентраціях, які можуть негативно впливати на організм та здоров'я населення	



**Загальні вимоги до якості води водних об'єктів,
які використовуються для рибогосподарських потреб**

Показники складу та якості води	Категорія водокористувача	
	Водойми, які використовуються для вирощування цінних сортів риби чутливої до кисню	Водойми для інших рибогосподарських потреб
Плаваючі домішки	Не повинно спостерігатися плівки нафтопродуктів, масел, жирів і т. п.	
Завислі речовини	Склад їх не повинен збільшуватися більше ніж на:	
	0,25 мг/л	0,75 мг/л
Колір, запах, присмак	Вода не повинна набувати стороннього запаху, присмаку, кольору та передавати їх м'ясу риби	
Температура	Не повинна підніматись літом більше ніж на 3 ⁰ С, взимку більше чим на 5 ⁰ С	
Реакція	Не повинна перевищувати межі 6,5...8,5 рН	
Розчинний кисень	Влітку для всіх водойм > 6 мг/л в пробі, відібраній до 12 годин дня	
Біохімічна потреба в кисні (БПК)	Повна потреба в кисні води при t = 20 ⁰ С не повинна перевищувати 3 мг/л	

Додаток 2

КЛАСИФІКАЦІЯ ЯКОСТІ ПРІСНИХ ГІПО-ТА ОЛІГОГАЛИННИХ ВОД ЗА КРИТЕРІЯМИ
ЗАБРУДНЕННЯ КОМПОНЕНТАМИ СОЛЬОВОГО СКЛАДУ

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

Додаток 3

ЕКОЛОГІЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД СУШІ ТА ЕСТУАРІЇВ ЗА ТРОФО-САПРОБІОЛЮПЧНИМИ (ЕКОЛОГО-САНІТАРНИМИ) КРИТЕРІЯМИ

Клас якості вод	I		II		III		IV	V
Категорія якості вод	1	2	3	4	5	6	7	
Показники								
Гідрофізичні:								
Завислі речовини, мг/дм ³	<5	5-10	11-20	21 -30	31-50	51-100	>100	
Прозорість, м	>1,50	1,00-1,50	0,65-0,95	0,50-0,60	0,35-0,45	0,20-0,30	<0,20	
Гідрохімічні:								
РН	6,9-7,0 7,1-7,5	6,7-6,8 7,6-7,9	6,5-6,6 8,0-8,1	6,3-6,4 8,2-8,3	6,1-6,2 8,4-8,5	5,9-6,0 8,6-8,7	<5,9 >8,7	
Азот амонійний, мг N/дм ³	<0,10	0,10-0,20	0,21-0,30	0,31-0,50	0,51-1,00	1,01-2,50	>2,50	
Азот нітритний, мг N/дм ³	<0,002	0,002-0,005	0,006-0,010	0,011-0,020	0,021-0,050	0,051-0,100	>0,100	
Азот нітратний, мг N/дм ³	<0,20	0,20-0,30	0,31-0,50	0,51-0,70	0,71-1,00	1,01-2,50	>2,50	
Фосфор фосфатів, мг P/дм ³	<0,015	0,015-0,030	0,031-0,050	0,051-0,100	0,101-0,200	0,201-0,300	>0,300	
Розчинений кисень, мг O ₂ /дм ³	>8,0	7,6-8,0	7, 1-7,5	6,1-7,0	5,1-6,0	4,0-5,0	<4,0	
% насичення	96-100 101-105	91-96 106-110	81 -90 111-120	71 -80 121-130	61-70 131-140	40-60 141-150	<40 >150	
Перманганатна окислюваність, мг O ₂ /л	<3,0	3,0-5,0	5,1-8,0	8,1-10,0	10,1-15,0	15,1-20,0	>20,0	

Біхроматна окислюваність мгО/дм ³	<9	9-15	16-25	26-30	31-40	41-60	>60
БСК ₅ , мг О ₂ /дм ³	<1,0	1,0-1,6	1,7-2,1	2,2-4,0	4,1-7,0	7,1-12,0	>12,0
Гідробиологічні:							
Біомаса фітопланктону, мг/дм ³	<0,5	0,5-1,0	1,1-2,0	2,1-5,0	5,1-10,0	10,1-50,0	>50,0
Індекс самоочищення самозабруднення (A/R)	1.0	0,9 1,1	0,8 1,2	0,7 1,3-1,5	0,6 1,6-2,0	0,5 2,1-2,5	<0,5 >2,5
Бактеріологічні:							
Чисельність бактеріопланк-тону, млн.кл/см ³	<0,5	0,5-1,5	1,6-2,5	2,6-5,0	5,1-7,0	7,1-10,0	>10,0
Чисельність сапрофітних бактерій, тис. кл/см ³	<1,0	1,0-3,0	3,1-5,0	5,1-10,0	10,1-25,0	25,1-100,0	>100,0
Біоіндикація сапробності (індекси сапробності):							
за Пантле-Букком	<1,0	1,0-1,5	1,6-2,0	2,1-2,5	2,6-3,0	3,1-3,5	>3,5
за Гуднайтом-Уітлеєм	1-20	21-45	46-60	61-70	71-80	81-90	91-100
Сапробність	Олігосапробні		β- мезосапробні		α— мезосапробні		Полісапробні
	β-олігосапробні	α-олігосапробні	β'-мезосапробні	β''-мезосапробні	α'-мезосапробні	α''-мезосапробні	Полісапробні

Додаток 4

ЕКОЛОГІЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД СУШІ ТА ЕСТУАРІЇВ ЗА КРИТЕРІЯМИ ВМІСТУ СПЕЦИФІЧНИХ РЕЧОВИН ТОКСИЧНОЇ ДІЇ

Клас якості вод	1	2		3		4	5
Категорія якості вод							
Показники, мкг/дм ³	1	2	3	4	5	6	7
Ртуть	<0,02	0,02-0,05	0,06-0,20	0,21-0,50	0,51-1,00	1,01-2,50	>2,50
Кадмій	<0,1	0,1	0,2	0,3-0,5	0,6-1,5	1,6-5,0	>5,0
Мідь	<1	1	2	3-10	11-25	26-50	>50
Цинк	<10	10-15	16-20	21-50	51-100	101-200	>200
Свинець	<2	2-5	6-10	11-20	21-50	51-100	>100
Хром (загальний)	<2	2-3	4-5	6-16	11-25	26-50	>50
Нікель	<1	1-5	6-10	11-20	21-50	51-100	>100
Миш'як	<1	1-3	4-5	6-15	16-25	26-35	>35
Залізо (загальне)	<50	50-70	76-100	101-500	501-1000	1001-2500	>2500
Марганець	<10	10-25	26-50	51-100	101-500	501-1250	>1250
Фториди	<100	100-125	126-150	151-200	201-500	501-1000	>1000
Ціаніди	0	1-5	6-10	10-25	26-50	51-100	>100
Нафтопродукти	<10	10-25	26-50	51-100	101-200	201-300	>300
Феноли (леткі)	0	<1	1	2	3-5	6-20	>20
СПАР	0	<10	10-20	21-50	51-100	101-250	>250

Додаток 5

КЛАСИ ТА КАТЕГОРІЇ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД СУШІ ТА ЕСТУАРІЇВ УКРАЇНИ ЗА
ЕКОЛОГІЧНОЮ КЛАСИФІКАЦІЄЮ

Клас якості вод	I	II		III		IV	V
Категорія якості води	1	2	3	4	5	6	7
Назва класів і категорій якості вод за їх станом	Відмінні	Добрі		Задовільні		Погані	Дуже погані
	Відмінні	Дуже добрі	Добрі	Задовільні	Посередні	Погані	Дуже погані
Назва класів і категорій якості вод за ступенем їх чистоти (забрудненості)	Дуже чисті	Чисті		Забруднені		Брудні	Дуже брудні
	Дуже чисті	Чисті	Досить чисті	Слабко забруднені	Помірно забруднені	Брудні	Дуже брудні
Трофність (переважаючий тип)	Оліготрофні	Мезотрофні		Евтрофні		Політрофні	Гіпертрофні
	Оліготрофні оліго-мезотрофні	Мезо-трофні	Мезо-евтрофні	Евтрофні	Ев-полі-трофні	Політрофні	Гіпертрофні
Сапробність	Олігосапробні		β- мезосапробні		α— мезосапробні		Полі-сапробні
	β-оліго-сапробні	α-оліго-сапробні	β'-мезо-сапробні	β''-мезо-сапробні	α'-мезо-сапробні	α''-мезо-сапробні	Полі-сапробні



Приклад розрахунку схеми раціонального використання водних ресурсів певного регіону

1. Оцінка природних умов басейну поверхневого водотоку

Оцінка породних умов басейну поверхневого водотоку, на берегах якого передбачається розташування ВГК включає: фізико-географічну, кліматичну, інженерно-геологічну, гідрогеологічну, гідрографічну і гідрологічну характеристики району.

1.1. Фізико-географічна характеристика району.

Річка Кальміус знаходиться в Донецькій області, площа якої становить 26,5 тис.км² і поділена на 18 районів. В геоструктурному відношенні північна і центральна частини лежать в межах південно-західної частини Донецької складчастої структури, Кальміус-Торецької западини, Бахмутської западини, решта Приазовського блоку Українського щита. Поверхня області переважно хвиляста рівнинна (висотою до 200м.) інтенсивно розчленована річковими долинами, балками і ярами. На північному сході - Донецька височина, яка на заході переходить у Придніпровську низовину, на Північному Заході - у Приазовську височину з окремими підвищеннями. Приазовська височина змінюється далі вузькою смугою низовини, яка уступом обривається до Азовського моря.

Таблиця 1.1д .Підсумкова таблиця площ басейну ділянок річки в межах області.

№ п/п	Назва площі водозабору	Довжина притоки, км	Площа, км ²
1	Донецьк	75	1700
2	Мокра Волновака	43	650
3	Приморське	84	1700
4	Калка	60	800



1.2. Кліматичні умови

Донецька область лежить в зоні помірно–континентального клімату, з порівняно холодною малосніжною зимою, жарким і посушливим літом. Пересічна температура січня становить від -4°C на узбережжі моря до $-7,8^{\circ}\text{C}$ в районі Дебальцевої, липня від $+20,8^{\circ}\text{C}$ на Пн.-Сх, до $22,8^{\circ}\text{C}$ на Пд. Тривалість безморозного періоду 160-170 днів, сума активних температур $2900-3150^{\circ}\text{C}$. Перепад температур понад $+10^{\circ}\text{C}$ – 170 днів. Опадів від 375 мм. за рік на узбережжі моря, до 556 мм на Донецькому кряжі. Близько 70-80 % їх випадає в теплу пору року

Згідно географічного розташування об'єкта ВГК за [30] знаходимо середній багаторічний стік річки $M_{\text{ср}} = 1 \frac{L}{C \cdot \text{км}}^2$. При

$M_{\text{ср}} = 0,5 \dots 4 \frac{L}{C \cdot \text{км}}^2$ зона розташування відноситься до зони змінного зволоження.

1.3. Гідрографічні характеристики водозабору

1. Площа водозабору, для розміщення ВГК становить $F = 1700 \text{ км}^2$
2. Довжина водозабору, L_0 , відстань по прямій від витоків до гирла, $L_0 = 68 \text{ км}$

3. Довжина річки $L = 159 \text{ км}$.

4. Середня ширина водозабору:

$$B = F / L_0 = 1700 / 68 = 25 \text{ км}$$

5. Коефіцієнт звивистості річки:

$$K_{\text{зв}} = L / L_0 = 159 / 68 = 2,33$$

6. Коефіцієнт витягнутості водозабору:

$$\delta = L^2 / F = 159^2 / 1700 = 14,9$$

7. Коефіцієнт густоти річкової мережі:

$$D = \sum L / F = 84 / 1700 = 0,049$$

8. Ухил річки:

$$i = \frac{Z_{\text{вир}} - Z_{\text{гирл}}}{L} = \frac{128,5 - 110}{159} = 0,12$$

де $Z_{\text{вир}}$, $Z_{\text{гирл}}$ – відповідно відмітки висоти витоків і гирла річки.



1.4. Гідрологічні умови

1. Середня багаторічна витрата згідно [30, таб.2.5] становить $Q_{\text{сер}}=8,29 \text{ м}^3/\text{с}$.

2. Коефіцієнт варіації, який залежить від кліматичних умов $C_v=0,48$.

3. Коефіцієнт асиметрії, для зони змінної вологості $C_s=(1,5 \dots 1,8)$

$$C_{\text{ас}} = C_s \cdot C_v = 1,8 \cdot 0,48 = 0,864$$

4. Витрати води по роках різної забезпеченості:

$$Q_p = K_p \cdot Q_{\text{сер}}$$

де K_p - модульний коефіцієнт для переходу від величини стоку середнього по водності року до величини певної забезпеченості.

$$Q_{5\%} = K_{5\%} \cdot Q_{\text{сер}} = 1,94 \cdot 8,29 = 16,08 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_{50\%} = K_{50\%} \cdot Q_{\text{сер}} = 0,918 \cdot 8,29 = 7,62 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_{75\%} = K_{75\%} \cdot Q_{\text{сер}} = 0,634 \cdot 8,29 = 5,25 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_{95\%} = K_{95\%} \cdot Q_{\text{сер}} = 0,342 \cdot 8,29 = 2,83 \text{ м}^3/\text{с}$$

5. Витрати річки в різні місяці років різної забезпеченості, $\text{м}^3/\text{с}$:

$$Q_p^n = \frac{a_p \cdot 12 \cdot Q_p}{100}, \text{ м}^3/\text{с},$$

де a_p -відносний розподіл стоку в n-ий місяць року заданої забезпеченості, $P_{\text{сер}\%}$ [30, табл.2.10].

6. Об'єм середнього багаторічного стоку:

$$W_{\text{сер}} = Q_p \cdot t = 0,003 \cdot Q_p$$

Всі розрахунки наведені в таблиці 1.2д

За даними таблиці 1.2д будуємо гідрограф стоку річки (рис.

1.1д).

7. Мінімальний стік.

Розрахунок мінімальної середньомісячної витрати 95% забезпеченості виконується для осінньо-літнього і зимового періодів року:

$$Q^{95\%} = M^{80\%} \cdot F \cdot \lambda_p \cdot 10^{-3}$$

$$Q_{\text{літ}}^{95\%} = 0,88 \cdot 0,5 \cdot 1700 \cdot 10^{-3} = 7,48$$

$$Q_{\text{зим}}^{95\%} = 1,80,5 \cdot 1700 \cdot 10^{-3} = 1,53$$

За розрахункову мінімальну витрату 95% забезпеченості приймаємо $Q_{\text{зим}}^{95\%} = 1,53 \text{ м}^3/\text{с}$.

8. Твердий стік.



На основі узагальнених даних спостережень за стоком наносів річок України для Донецької області величина модуля середньорічного стоку наносів складає:

$$M_R = 10,6 \cdot M_{cp} + 6,96 \cdot I_p + 0,625h - 41,7$$

$$M_R = 10,6 \cdot 1 + 6,96 \cdot 0,11 + 0,625 \cdot 1,85 - 41,7 = -29,18 \text{ л/с.км}^2$$

де M_{cp} -середньорічний модуль стоку річки, л/с.км²

1.5 Визначення величини незворотнього водоспоживання і водовідведення від основних учасників ВГК

До складу ВГК в даному регіоні входять: місто, сільське господарство, зрошення, енергетика і підприємства.

1. Визначаємо незворотні витрати води від водоспоживачів:

$$Q_{нез}^{в/сж} = \frac{Q_{дж}^{в/сж}}{100} \cdot B, \text{ м}^3/\text{с}$$

де В%- відсоток незворотних витрат води [2.дод.2].

2. Визначаємо середню кількість стічних вод від водоспоживачів:

$$Q_{св}^{в/сж} = Q_{дж}^{в/сж} - Q_{нез}^{в/сж}, \text{ м}^3/\text{с}$$

Результати розрахунку зводимо в таблицю 1.2д і 1.3д

Таблиця 1.2д. Незворотні витрати води і середня кількість стічних вод від міста, с/г, енергетики, зрошення

№ п/п	Водоспож ивач	Qдж, м ³ /с	В, %	Qнез, м ³ /с	Qсв, м ³ /с
1	Місто	0,75	5,5	0,0412	0,7087
2	С/г	0,5	18	0,09	0,41
3	Зрошення	0,35	88	0,308	0,042
4	Енергетик а	1,5	4	0,06	1,44
				0,4992	2,6007

Всі розрахунки незворотніх витрат зводимо в таблицю 1.4д, в яку заносимо результати розрахунку річкового стоку на визначені рівні забезпеченості.



Таблиця 1.3д. Незворотні витрати вод і середня кількість стічних вод від промисловості

№ п/п	Назва	Qдж, м ³ /с	В, %	Qнез, м ³ /с	Qсв, м ³ /с
1	Маслозавод	0,15	20	0,03	0,12
2	Маргаринов	0,35	26	0,091	0,259
3	Рибоконсер.	0,4	5	0,02	0,38
4	Бавовняна	0,25	36	0,09	0,16
				0,231	0,919

1. 6. Розрахунок водогосподарського балансу для частини річкового басейну

Водогосподарський баланс складається із прихідної і витратної частини. Прихідна частина – це річковий стік забезпеченістю 5,10,75,95. Витратна частина складається з сумарного незворотнього водоспоживання на всій території частини басейну та з транзитомінімальної санітарно-екологічної витрати. Баланс визначається за формулою:

$$B = P - V, \text{ м}^3$$

де P- прихідна частина, м³;

V – витратна частина, м³.

Для визначення витратної частини розподіляємо річні незворотні витрати по місяцях року:

$$Q_{\text{незв}} = \frac{\sum Q_{\text{незв}} V_{\text{незв}} 12,2}{100}, \text{ м}^3/\text{с}$$

$$W_{\text{незв}} = 0,003 \sum Q_{\text{незв}}, \text{ м}^3$$

Розрахунки зводимо в таблицю 1.4д. Баланс позитивний тільки для років 5% та 50 % забезпеченості, а в засушливий рік (95%, 75 %) спостерігається дефіцит води.

Висновок: необхідне проектування водоймища багаторічного регулювання або у поєднанні з агромеліоративними заходами.



2. Складання схеми матеріального виробництва в заданому річковому басейні

Заданий річковий басейн має розвинуте промислове господарство, конкретні підприємства задані в вихідних даних.

Аналіз даних по кожній категорії забруднювачів і аналіз даних по об'ємах використаної та скинутої води дозволяє знайти з'єднану карту по якостям і витратам води підприємств даного річкового басейну таблиця 2.1д Карта аналізу взаємодії підприємств по *i*-тому показнику якості.

Завислі речовини

вих \ вх	масл л	ма рг	ри б/ 0	Бав/ 70
	50	65	120	70
масл. 105	–	–	+	–
марг. 50	+	+	+	+
рибн. 80	–	–	+	–
бавов. 120	–	–	+	–

Іони важких металів

вих \ вх	масл 0,01	ма рг 0,5	рибн 0,5	бавов вн 1,5
	0,01	0,5	0,5	1,5
масл. 0,05	–	+	+	+
марг. 0,85	–	–	–	+
рибн. 0,75	–	–	–	+
бавов. 0,8	–	–	–	+

БСК

вих \ вх	Масл 3,5	Марг 15	риб 55	бав овн 15
	3,5	15	55	15
масл. 150	–	–	–	–
марг. 50	–	–	+	–
рибн. 30	–	–	+	–
бавов. 150	–	–	–	–

Загальні якісні характеристики

вих \ вх	масл 0,15	ма рг 0,35	риб 0,4	бав овн 0,25
	0,15	0,35	0,4	0,25
масл. 0,12	–	–	+	–
марг. 0,259	–	–	–	+
рибн. 0,38	–	–	–	–
бавов. 0,16	–	–	–	–

Таблиця 1.4д. Річний стік річки і його розподіл по місяцях

Забезпеченість $P_{cp\%}$	$a_p, \%$ $Q, \text{м}^3/\text{с}$ $W, \text{км}^3$	М і с я ц і											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	$a_p, \%$ $Q_{5\%}, \text{м}^3/\text{с}$ $W_{5\%}, \text{км}^3$	5,5 10,6 0,032	7,6 14,67 0,044	6,4 12,35 0,037	32,6 62,9 0,19	14,8 28,55 0,086	7,7 14,86 0,045	6,2 11,96 0,036	4,3 8,3 0,025	2,9 5,59 0,017	3,2 6,17 80,01	4,1 7,91 0,024	4,7 9,07 0,027
50	$a_p, \%$ $Q_{50\%}, \text{м}^3/\text{с}$ $W_{50\%}, \text{км}^3$	4,5 4,11 0,012	7,6 6,95 0,02	11 10,1 0,03	28,8 26,3 0,08	16,7 15,27 0,046	8 7,31 0,022	5,4 4,24 0,015	4,4 4,02 0,012	2,4 2,19 0,066	2,4 2,19 0,066	3,7 3,38 0,01	5,1 4,66 0,014
75	$a_p, \%$ $Q_{75\%}, \text{м}^3/\text{с}$ $W_{75\%}, \text{км}^3$	5,4 3,4 0,01	6,6 4,16 0,012	11,3 7,11 0,02	28,9 18,2 0,05	18,5 11,65 0,035	7,3 4,6 0,014	5,3 3,34 0,01	4,1 2,58 0,008	2,2 1,39 0,004	2,6 1,64 0,005	3,5 2,2 0,007	4,7 2,96 0,0089
95	$a_p, \%$ $Q_{95\%}, \text{м}^3/\text{с}$ $W_{95\%}, \text{км}^3$	5,7 1,93 0,006	7,9 2,68 0,008	11,3 3,84 0,01	28,7 9,75 0,03	18,7 6,35 0,019	6,7 2,27 0,007	4,1 1,39 0,004	3,6 1,22 0,004	1,7 0,58 0,002	2,3 0,78 0,002	3,9 1,32 0,004	5,4 1,83 0,005

Таблиця 1.5д. Вихідні дані для розрахунку водогосподарського балансу для частини річкового басейну

місяці статті витрат		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
П Р И Х О Д С В		$\frac{Q_5}{W_5}$	10,6 0,032	14,67 0,044	12,35 0,037	62,9 0,19	28,55 0,086	14,86 0,045	11,96 0,036	8,3 0,025	5,59 0,017	6,17 0,018	7,91 0,024	9,07 0,027
		$\frac{Q_{50}}{W_{50}}$	4,11 0,012	6,95 0,02	10,1 0,03	26,3 0,08	15,27 0,046	7,31 0,022	4,24 0,015	4,02 0,012	2,19 0,066	2,19 0,066	3,38 0,01	4,66 0,014
		$\frac{Q_{75}}{W_{75}}$	3,4 0,01	4,16 0,012	7,11 0,02	18,2 0,05	11,65 0,035	4,6 0,014	3,34 0,01	2,58 0,008	1,39 0,004	1,64 0,005	2,2 0,007	2,96 0,009
		$\frac{Q_{95}}{W_{95}}$	1,93 0,006	2,68 0,008	,84 0,01	9,75 0,03	6,35 0,019	2,27 0,007	1,39 0,004	1,22 0,004	0,58 0,002	0,78 0,002	1,32 0,004	1,83 0,005
	С В	Промисло вість	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
		комунальні	0,79	0,79	0,79	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	0,79	0,78	0,78
		енергетика	1,14	1,14	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54	1,16
		зрошення	-	-	-	-	0,06	0,1	0,16	0,12	0,06	-	-	-

Продовження таблиці 1.5д.

місяці статті витрат			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
В И Т Р А Т И	Незворот.	Промисло вість	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
		комунальні	0,09 3	0,093	0,093	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,093	0,09	0,09
		енергетика	0,04 8	0,048	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,046
		зрошення	-	-	-	-	0,44	0,74	1,18	0,89	0,44	-	-	-
	Санітарно-еко- логічна витрата,м³/с		1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
Всього витрат, м³/с			1,72	1,72	1,735	1,812	2,252	2,552	2,992	2,702	2,252	1,735	1,732	1,716
Об'єм витрат W _{заг} , м³			5,2	5,2	5,2	5,4	6,8	6,8	8,9	8,1	6,8	5,2	5,2	5,1
W ₅ - W _{заг}			26,8	38,8	31,8	184,6	79,2	38,2	27,1	16,9	10,2	12,8	18,8	21,9
W ₅₀ - W _{заг}			6,8	14,8	24,8	74,6	39,2	15,2	6,1	3,9	59,2	60,8	4,8	8,9
W ₇₅ - W _{заг}			4,8	6,8	14,8	44,6	28,2	7,2	1,1	-0,1	-2,8	-0,2	1,8	3,9
W ₉₅ - W _{заг}			0,8	2,8	4,8	24,6	12,2	0,2	-5	-4,1	-4,8	-3,2	-1,2	-0,1

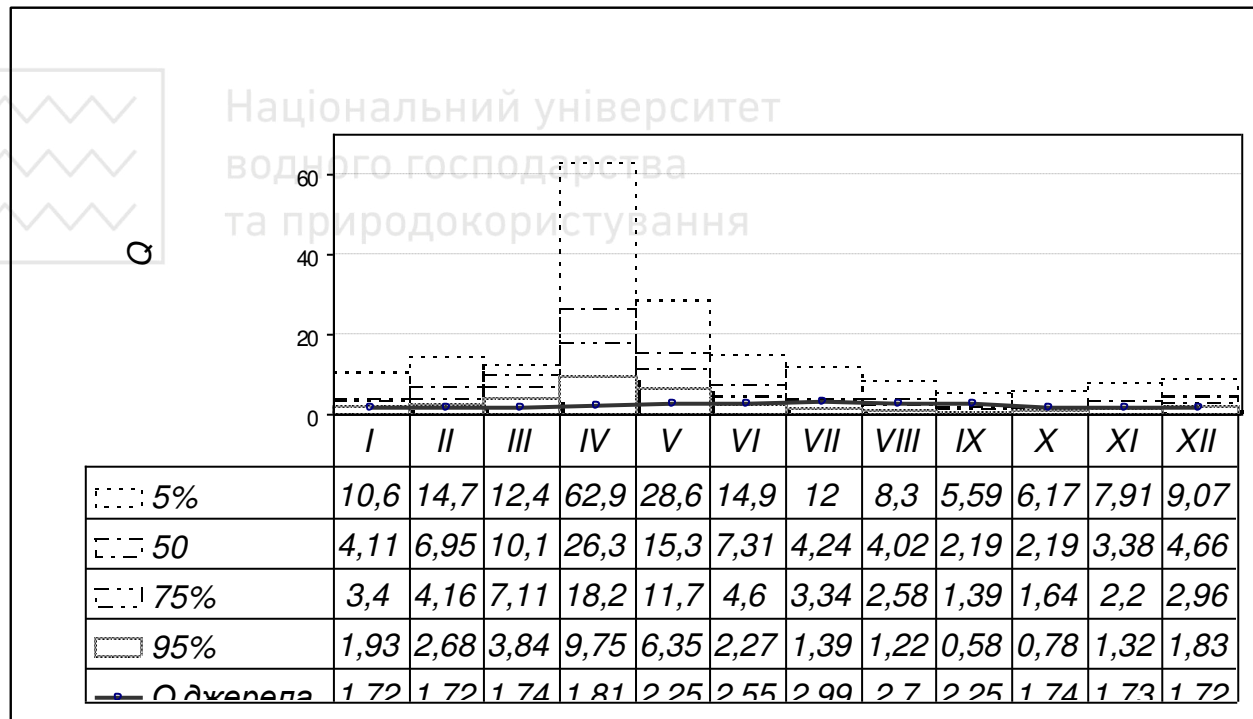


Рис 1.1 д. Гідрограф стоку річки

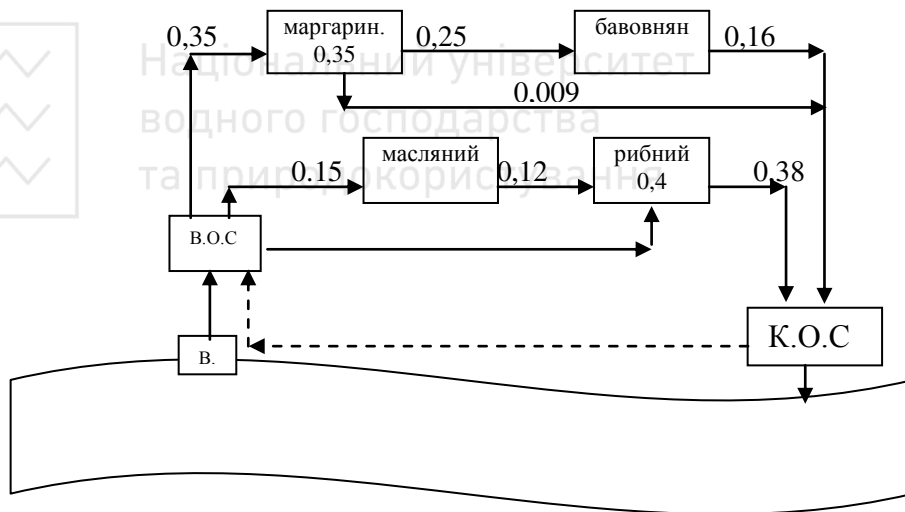


Рис. 2.1д. Схема розтпшування промислових підприємств
1- з послідовною схемою водокористування ;
2- із зворотною схемою водокористування.



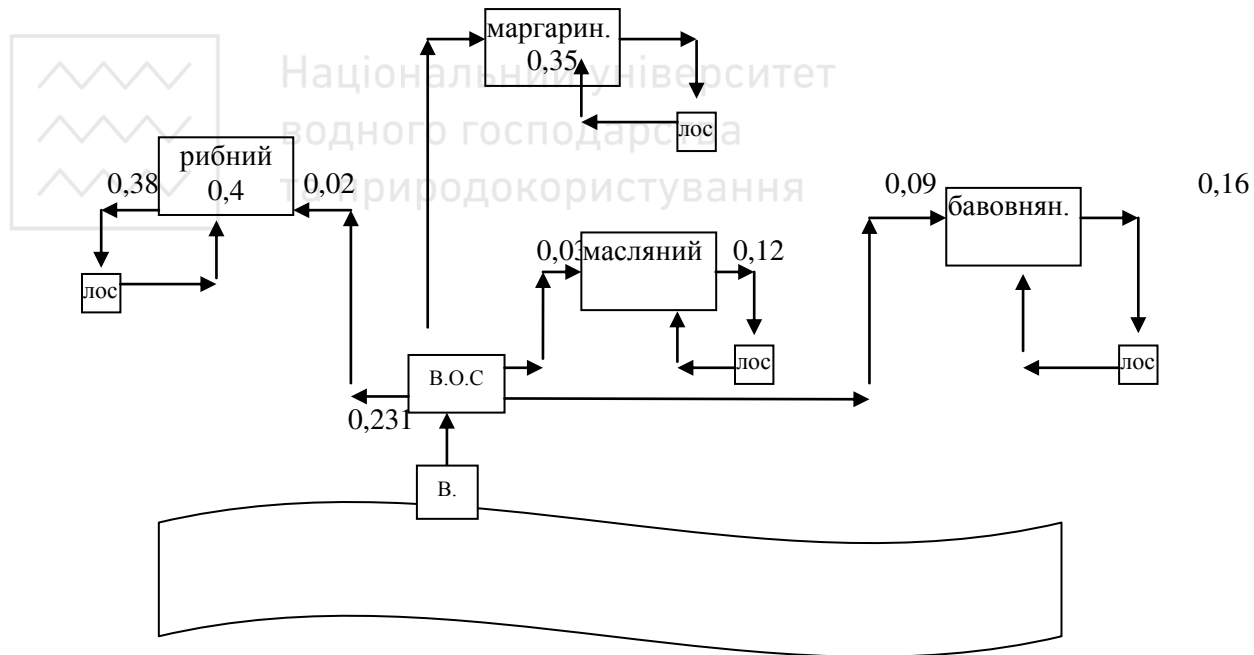


Рис 2.2д. Розташування промислових підприємств з локальними очисними спорудами.



Таблиця 2.2 д. Порівняння показників технічної досконалості системи.

№ системи	Q _{дж}	Q _{звор}	Q _{посл}	Q _{св}	P ₁ , %	K _в	P ₂ , %	N
Прямоточна	1,15	-	-	0,919	-	0,2	20	1
Послідовна	0,78	-	0,37	0,549	-	0,3	20	1,47
Зворотна	0,231	0,549	0,37	-	70,4	-	20	4,98
3 ЛОС	0,231	0,919	-	-	79,9	-	20	4,98

Кількість зворотної води визначається за формулою:

$$P_1 = \frac{Q_{зв}}{Q_{зв} + Q_{дж}} 100,$$

Кратність використання:

$$n = \frac{Q_{дж} + Q_{посл} + Q_{зв}}{Q_{дж}},$$

Коефіцієнт використання води із джерела:

$$K_v = \frac{Q_{дж} - Q_{св}}{Q_{дж}},$$

Величина незворотного водоспоживання:

$$P_2 = \frac{Q_{дж} - Q_{св}}{Q_{дж} + Q_{посл} + Q_{зв}} 100,$$

Визначення концентрації завислих речовин

Визначення концентрації завислих речовин в суміші стічних вод, які скидаються у водойму виконується за формулою:

$$P_{св}^{зав} = \frac{C_1^{зав} Q_{1св} + C_2^{зав} Q_{2св} + C_3^{зав} Q_{3св}}{Q_{1св} + Q_{2св} + Q_{3св}} = \frac{50 \cdot 0,009 + 120 \cdot 0,16 + 80 \cdot 0,38}{0,009 + 0,16 + 0,38} = 91,2 \text{ мг/л}$$

Концентрація хлоридів в суміші стічних вод, які скидаються у водойму:

$$P_{св}^{Cl_2} = \frac{C_1^{Cl_2} Q_{1св} + C_2^{Cl_2} Q_{2св} + C_3^{Cl_2} Q_{3св}}{Q_{1св} + Q_{2св} + Q_{3св}} = \frac{0,3 \cdot 0,009 + 0,5 \cdot 0,16 + 0,15 \cdot 0,38}{0,009 + 0,16 + 0,38} = 0,25 \text{ мг/л}$$



Концентрація P_2O_5 в суміші стічних вод , які скидаються у водойму:

$$P_{P_2O_5} = \frac{C_1^{P_2O_5} Q_{1_{CB}} + C_2^{P_2O_5} Q_{2_{CB}} + C_3^{P_2O_5} Q_{3_{CB}}}{Q_{1_{CB}} + Q_{2_{CB}} + Q_{3_{CB}}} = \frac{0,5 \cdot 0,009 + 1,5 \cdot 0,16 + 3,5 \cdot 0,38}{0,009 + 0,16 + 0,38} = 2,87 \text{ мг/л}$$

ХСК в суміші стічних вод , які скидаються у водойму:

$$P_{ХСК} = \frac{C_1^{ХСК} Q_{1_{CB}} + C_2^{ХСК} Q_{2_{CB}} + C_3^{ХСК} Q_{3_{CB}}}{Q_{1_{CB}} + Q_{2_{CB}} + Q_{3_{CB}}} = \frac{100 \cdot 0,009 + 170 \cdot 0,16 + 50 \cdot 0,38}{0,009 + 0,16 + 0,38} = 85,8 \text{ мг/л}$$

Концентрація N_2 в суміші стічних вод , які скидаються у водойму:

$$P_{N_2} = \frac{C_1^{N_2} Q_{1_{CB}} + C_2^{N_2} Q_{2_{CB}} + C_3^{N_2} Q_{3_{CB}}}{Q_{1_{CB}} + Q_{2_{CB}} + Q_{3_{CB}}} = \frac{1 \cdot 0,009 + 3,5 \cdot 0,16 + 3 \cdot 0,38}{0,009 + 0,16 + 0,38} = 3,1 \text{ мг/л}$$

Концентрація жирів в суміші стічних вод , які скидаються у водойму:

$$P_{жир} = \frac{C_1^{жир} Q_{1_{CB}} + C_2^{жир} Q_{2_{CB}} + C_3^{жир} Q_{3_{CB}}}{Q_{1_{CB}} + Q_{2_{CB}} + Q_{3_{CB}}} = \frac{45 \cdot 0,009 + 0 \cdot 0,16 + 70 \cdot 0,38}{0,009 + 0,16 + 0,38} = 49,2 \text{ мг/л}$$

БСК в суміші стічних вод , які скидаються у водойму:

$$P_{БСК} = \frac{C_1^{БСК} Q_{1_{CB}} + C_2^{БСК} Q_{2_{CB}} + C_3^{БСК} Q_{3_{CB}}}{Q_{1_{CB}} + Q_{2_{CB}} + Q_{3_{CB}}} = \frac{50 \cdot 0,009 + 150 \cdot 0,16 + 30 \cdot 0,38}{0,009 + 0,16 + 0,38} = 65,3 \text{ мг/л}$$

Концентрація іонів важких металів в суміші стічних вод , які скидаються у водойму:

$$P_{важ.мет} = \frac{C_1^{важ.мет} Q_{1_{CB}} + C_2^{важ.мет} Q_{2_{CB}} + C_3^{важ.мет} Q_{3_{CB}}}{Q_{1_{CB}} + Q_{2_{CB}} + Q_{3_{CB}}} = \frac{0,85 \cdot 0,009 + 0,8 \cdot 0,16 + 0,75 \cdot 0,38}{0,009 + 0,16 + 0,38} = 0,77 \text{ мг/л}$$

На основі концентрацій забруднюючих речовин від підприємств і на основі гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин у воді водойми будуємо кругову діаграму.



Фактичне нанесення стану річки на діаграму показує напрямок зміни гідрохімічних характеристик по яким визначають можливі джерела забруднення. Коефіцієнт якості води визначається за формулою:

$$K_{\text{ек}} = \frac{F_{\text{ф}}}{F_0},$$

де $F_{\text{ф}}$ -площа фактичного забруднення (210,13 см²);

F_0 - площа лімітуючого забруднення.

$$F_0 = \pi \cdot R^2 = 3,14 \text{ см}^2$$

Висновок: ступінь забруднення водойми дуже висока, так як коефіцієнт якості води $K_{\text{ек}} > 2,62$, при такому значенні коефіцієнта стічні води потребують очистки.

3. Розрахунок впливу антропогенної діяльності учасників ВГК на стан річкового басейну

3.1. Характеристика стічних вод учасників ВГК

Якісний та кількісний склад стічних вод залежить від складу учасників ВГК. Забруднюючі речовини мають різні лімітовані показники шкідливості: санітарно-екологічний, рибогосподарський, органолептичний, загальносанітарний. По кожному з показників склад та властивості водних об'єктів не повинні перевищувати нормативні [19дод.4].

3.2. Умови скиду стічних вод у водойму

Умови скиду стічних вод у водні об'єкти визначаються з врахуванням:

а) ступеня можливого змішування та розбавлення стічних вод з водою водойм на шляху від місця водовипуску до розрахункового створу;

б) якості води водойми вище пункту створу водовипуску.

У контрольному створі склад та властивості води повинні відповідати нормативам. На водотоці наступний пункт водокористування повинен знаходитися в одному кілометрі за течією від контрольного створу. За результатами розрахунку необхідно встановити характер та кількість забруднень у розрахунковому створі, необхідну ступінь очистки, кратність розбавлення.



3.3. Розрахунок необхідного ступеня очистки

Визначаємо гранично допустимі концентрації завислих речовин, мг/м^3 у стічних водах що скидаються до водойми:

$$m = P_{\text{ГДК}} \left(\frac{\gamma \cdot Q_{95}}{q_{\text{св}}} + 1 \right) + C_{\text{ф}},$$

де $P_{\text{ГДК}}$ - допустиме санітарними нормами збільшення концентрації завислих речовин у річці після скиду стічної води, г/м^3 , $P_{\text{ГДК}} = 0,7 \dots 0,75 \text{ г/м}^3$;

$Q_{95}\%$ - найменша середньомісячна витрата води у річці у дуже маловодний рік 95% забезпеченості, $\text{м}^3/\text{с}$;

$q_{\text{св}}$ - витрата стічних вод від населеного пункту або промислового підприємства у даному розрахунковому створі, $\text{м}^3/\text{с}$;

γ - коефіцієнт змішування;

$C_{\text{ф}}$ - концентрація завислих речовин 45 мг/л ;

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt{L_p}}}{1 + \frac{Q_{95}}{q_{\text{св}}} e^{-\alpha \sqrt{L_p}}},$$

де L_p - відстань до розрахункового створу, $L_p = 1300 \text{ м}$;

α - коефіцієнт, який враховує гідравлічні умови в річці;

$$\alpha = \varphi \xi^3 \sqrt{\frac{V_p h_p}{200 q_{\text{св}}}},$$

де φ - коефіцієнт звивистості річки, $\varphi = 2,33$;

ξ - коефіцієнт, який залежить від місця випуску стічних вод (при береговому випуску $\xi = 1$);

V_p, h_p - середня швидкість та глибина річки ($V_p = 1,5 \text{ м/с}$, $h_p = 1,85 \text{ м}$); $D = 200$;

Ступінь необхідної очистки по завислим речовинам:

$$E = \frac{C_{\text{max}} - m}{C_{\text{max}}},$$

де C_{max} - максимальна концентрація завислих речовин у розрахунковому створі, мг/л ;

$$C_{\text{max}} = C_y + C_{\text{ф}},$$

де C_y - концентрація завислих речовин у розрахунковому створі, мг/л ;



C_{ϕ} - фоновая концентрация завислых речовин, мг/л.

Кратність розбавлення n_i знаходиться за формулою:

$$n_i = \frac{\gamma Q_{95} + q_{св}}{q_{св}},$$

Концентрація завислых речовин у стічній воді від міста визначаємо за формулою:

$$C_{місто} = \frac{a \cdot 1000}{q_{пит}}, \text{ мг/л,}$$

де a - кількість завислых речовин від однієї людини, $a=65$ г/люд.на добу;

$q_{пит}$ - питома норма водовідведення, $q_{пит}=120$ л/доб,

$$C_{місто} = \frac{65 \cdot 1000}{120} = 541,7 \text{ мг/л}$$

Концентрація завислых речовин у розрахунковому створі для підприємств визначає за формулою:

$$C_y^i = C_y^{i-1} + \frac{C_y^{підпр} - C_{\phi}}{n_i}, \text{ мг/л}$$

де C_y^{i-1} - концентрація завислых речовин у попередньому розрахунковому створі;

$C_y^{підпр}$ - концентрація завислых речовин на виході з i -го підприємства;

n^i - коефіцієнт розбавлення в i -ому створі.

Розрахунок ведемо в табличній формі.

Таблиця 3.1.д .Розрахунок необхідного ступеня очистки

№ створу	Q_{95}^{min}	$q_{св}$	γ	α	n	m	C_y	C_{max}	E
місто	0,58	1,45	0,993	0,495	1,39	45,97	355,5	400,5	88,5
Підприємства	0,58	0,92	0,997	0,576	1,63	46,14	383,8	428,8	89,2

Висновок: 1.У розглянутих створах найменшу кратність розбавлення має перший створ. В цьому створі можливе забруднення джерела при



скиди стічних вод. 2. Із розглянутих створів всі потребують доочистки стічних вод перед їх скидом.

Додаток 7

Побудова та вибір балансової схеми водоспоживання та водовідведення міста та пром підприємств

Технічне водопостачання для фабрики по виробництву хромових шкір та волокна капрон здійснюється із системи місцевого господарсько-питного водопроводу, так як якість води в ньому підходить для таких цілей. Для технічного водопостачання фабрики збагачування вугілля підходить не очищена вода річки рис.С. Як рекомендовано на всіх трьох підприємствах передбачена зворотня система водопостачання.

На кожному підприємстві є беззворотне споживання і втрата води. Незначна кількість фільтраційних вод зі шламонакопичувача фабрики збагачення вугілля рахуються умовно чистими та можуть бути без очищення скинуті в водойму. Стічні води від цієї фабрики близькі по складу до побутових стічних вод міста і тому можуть бути направлені в міські каналізаційні очисні споруди (МКОС).

Стічні води фабрики по виробництву хромових шкір мають велику кількість зважених речовин (≈ 10000 мг/л) і тому перед скиданням на МКОС їх рекомендується направити на механічну очистку на локальні очисні споруди (ЛКОС). Інакше така кількість зважених речовин може істотно ускладнити роботу міської каналізаційної мережі і МКОС.

По другому варіанту балансової схеми в якості технічної води на фабриці збагачення вугілля передбачається використання стічних вод після МКОС, а на двох інших підприємствах використовують доочищені стічні води після МКОС. Це суттєво зменшує кількість води, яка забирається з річки в зв'язку з чим зменшується її витрата і на особисті потреби водозабору, і на міські водозабірні споруди (МВОС).

По формулі визначаємо кількість використаної зворотної води на фабриках:

$$P_{\text{зв}} = \frac{Q_{\text{зв}}}{Q_{\text{зв}} + Q_{\text{св}}} \cdot 100,$$

де $Q_{\text{зв}}$ - витрата води, використаної в обороті, $\text{м}^3/\text{с}$;



м³/с.

а/ збагачування вугілля

$$P_{\text{зг}} = \frac{3,23}{3,23 + 0,22 + 0,019 + 0,014} \cdot 100 = 93\% ;$$

б/ по виробництву волокна капрон

$$P_{\text{зг}} = \frac{2,29}{2,29 + 0,12 + 0,03 + 0,01} \cdot 100 = 93,5\% ;$$

в/ по виробництву хромових шкір

$$P_{\text{зг}} = \frac{0,02}{0,02 + 0,46 + 0,02} \cdot 100 = 4\% ;$$

(в обох варіантах для промислових підприємств ці критерії залишаються постійними);

г/ для всього об'єкта водопостачання (нехтуючи виробництвом зворотньої системи промивки фільтрів на МВОС) по варіантах

$$P_{\text{зг1}} = \frac{3,23 + 2,29 + 0,02}{3,23 + 2,29 + 0,02 + 2,16} \cdot 100 = 72\% ;$$

$$P_{\text{зг2}} = \frac{3,23 + 2,29 + 0,02}{3,23 + 2,29 + 0,02 + 1,34} \cdot 100 = 80,5\% ;$$

За цією формулою знаходимо відсоток беззворотнього споживання і втрати води на фабриках:

$$P_{\text{сп}} = \frac{Q_{\text{св}} - Q_{\text{ск}}}{Q_{\text{св}} + Q_{\text{зз}} + Q_{\text{посл}}} \cdot 100,$$

де $Q_{\text{ск}}$ – витрата стічної води, яка скидається в водоймище, м³/с;

$Q_{\text{посл}}$ – витрата води, яка використовується послідовно, м³/с.

а/ збагачення вугілля



$$P_{cn} = \frac{0,22 + 0,019 + 0,004 - / 0,03 + 0,004 + 0,015/}{0,22 + 0,019 + 0,004 + 3,23} \cdot 100 = 5,5\%;$$

б/ по виробництву волокна капрону

$$P_{cn} = \frac{0,12 + 0,03 + 0,01 - / 0,08 + 0,01/}{0,12 + 0,03 + 0,01 + 2,29} \cdot 100 = 2,9\%;$$

в/ по виробництву хромових шкір

$$P_{cn} = \frac{0,46 + 0,02 - / 0,42 + 0,03/}{0,02 + 0,46 + 0,02} \cdot 100 = 6\%.$$

Із схем на рис. 1 і 2 додатку 7 видно, що в обох варіантах для підприємств ці критерії залишаються постійними.

г/ для всього об'єкту водопостачання по варіантах

$$P_{cn1} = \frac{2,16 - 1,73}{2,16 + 3,23 + 2,29 + 0,02} \cdot 100 = 5,6\%;$$
$$P_{cn2} = \frac{1,34 - 0,95}{1,34 + 3,23 + 2,29 + 0,02 + 0,22 + 0,58} \cdot 100 = 5,1\%.$$

Два останніх числа в знаменнику другої формули показують, яка кількість відповідно очищених і доочищених стічних вод використовується на ППР. Для всього об'єкту ці витрати відносяться до зворотніх витрат.

З цієї формули визначаємо коефіцієнт використання води для фабрик:

$$K_{\theta} = \frac{Q_{cv} - Q_{ck}}{Q_{cv}} \leq 1.$$

а/ по збагаченню вугілля

$$K_{\theta} = \frac{0,22 + 0,019 + 0,004 - / 0,03 + 0,004 + 0,015/}{0,22 + 0,019 + 0,004} = 0,8;$$



б/ по виробництву волокна капрону

$$K_{\epsilon} = \frac{0,12 + 0,03 + 0,01 - /0,08 + 0,01/}{0,12 + 0,03 + 0,01} = 0,44;$$

в/ по виробництву хромових шкір

$$K_{\epsilon} = \frac{0,46 + 0,02 - /0,42 + 0,03/}{0,46 + 0,02} = 0,06;$$

/так як і попередні критерії для ППр, коефіцієнт K_{ϵ} від варіанту не залежить/;

г/ для всього об'єкту водопостачання по варіантах



$$K_{\epsilon 1} = \frac{2,16 - 1,73}{2,16} = 0,20;$$

$$K_{\epsilon 2} = \frac{1,34 - 0,95}{1,34} = 0,29.$$

Аналіз критеріїв ефективності використання води показує, що ні один з варіантів балансової схеми для ППр не має переваг, оскільки підвищення ефективності використання води на них можливо лише при впровадженні водозберігаючих технологій, підвищення ефективності роботи ЛКОС, що в даному проекті не розглядається. Разом з тим для всього об'єкту водопостачання другий варіант має помітні переваги в порівнянні з першим: відсоток використання зворотньої води вище $/80,5\% > 72\%/$, відсоток беззворотнього водоспоживання нище $/5,1\% < 5,6\%/$, а коефіцієнт використання річкової води майже в 1,5 раза вище $/0,29 > 0,20/$. Отже, використання очищених стічних вод для технічного водопостачання суттєво знижує кількість води, яку забирають з природного джерела $/1,34 \text{ м}^3/\text{с}$ разом $2,16 \text{ м}^3/\text{с}/$, а також підвищує ефективність роботи всієї системи водопостачання і водовідведення в цілому.

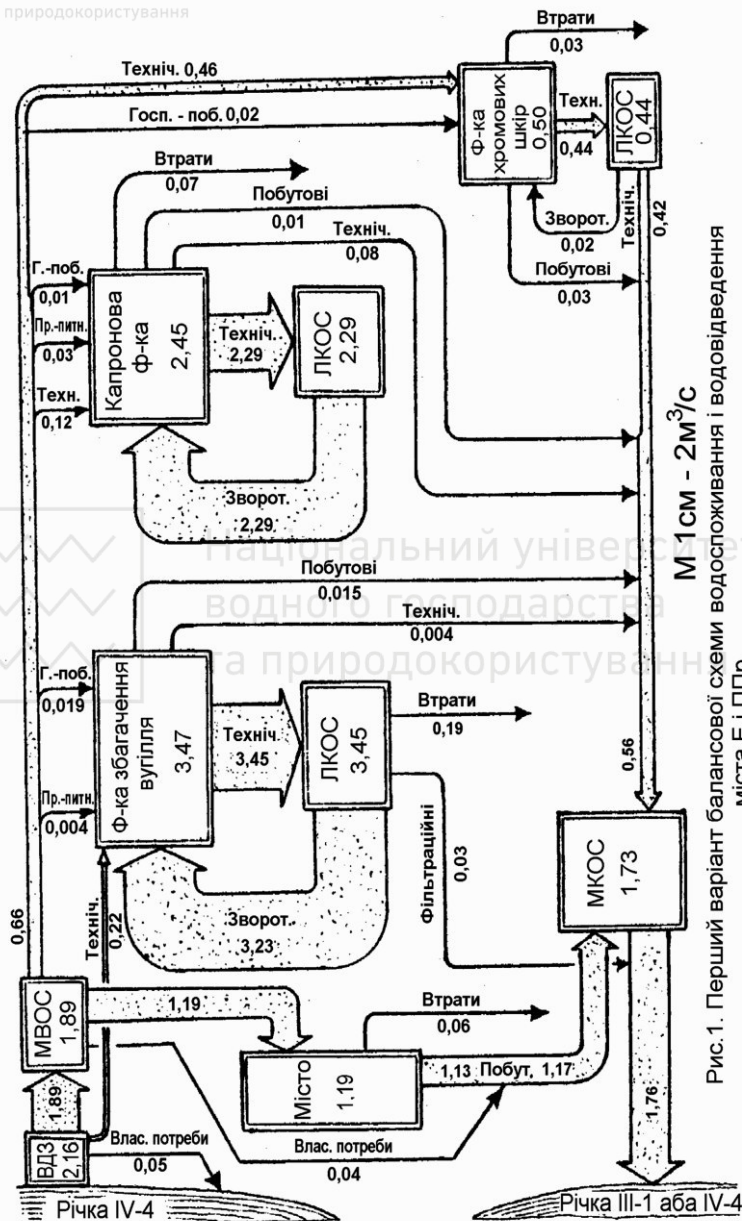


Рис. 1. Перший варіант балансової схеми водоспоживання і водовідведення міста Е і ППр

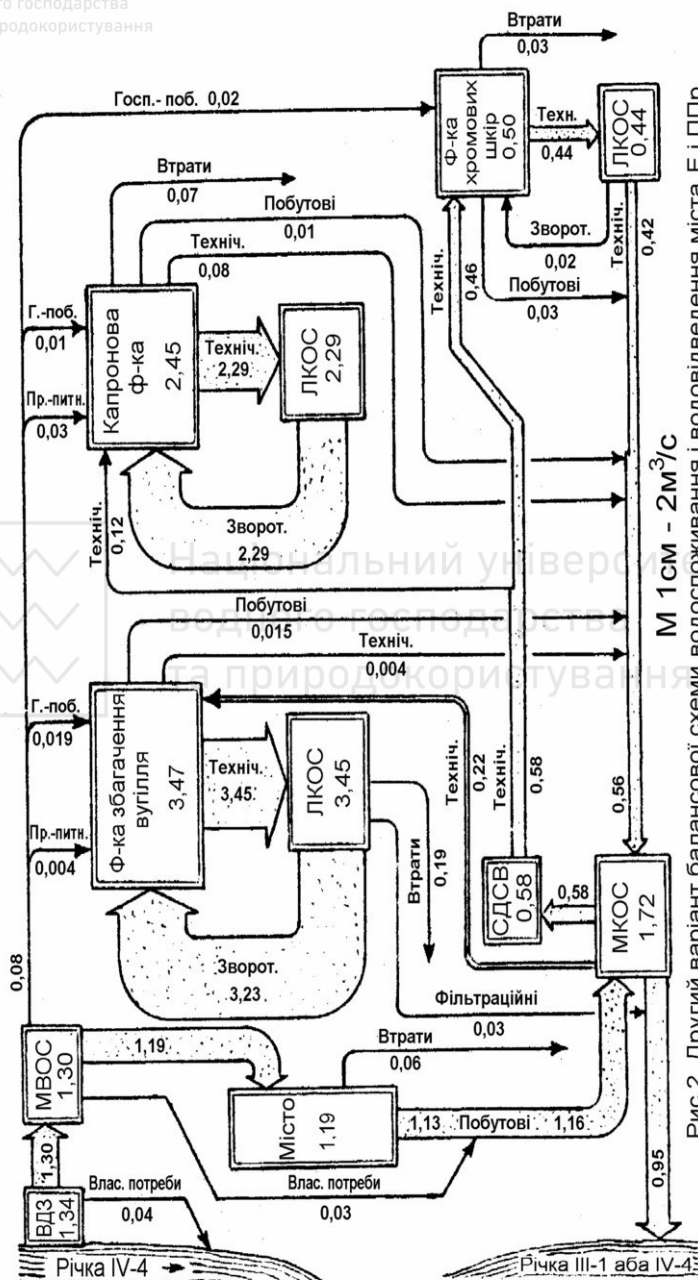


Рис.2. Другий варіант балансової схеми водоспоживання і водовідведення міста Е і ППР



**Типові схеми розподілу (%) річного стоку річок України по
сезонам і місяцям**

Вод ність року	По місяцям							
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Річки північної частини України

<i>Район 1</i>								
1	32,4	12,1	4,5	4,8	2,5	1,3	1,8	3,6
2	41,9	15,2	6,8	3,6	1,7	1,1	1,3	2,2
3	48,4	21,3	9,0	2,0	0,9	0,6	1,3	1,7
4	52,7	25,0	11,6	1,5	0,8	0,5	0,7	0,9
<i>Район 2</i>								
1	42,8	9,8	3,8	8,4	3,2	2,1	2,0	2,7
2	41,3	14,4	6,1	4,8	3,2	2,4	2,7	3,5
3	38,6	16,2	7,7	5,1	3,2	3,8	2,8	3,7
4	34,0	16,6	9,4	5,8	3,7	4,4	3,0	4,0
<i>Район 3</i>								
1	32,4	9,9	4,9	4,2	6,9	3,4	3,3	4,1
2	32,2	13,0	6,2	4,4	3,0	3,8	4,2	5,2
3	32,0	14,4	7,9	3,9	3,0	3,1	4,6	5,2
4	34,3	17,4	9,6	3,6	2,5	2,5	4,4	4,8
<i>Район 4</i>								
1	13,6	46,5	4,0	3,4	1,9	1,6	2,6	4,3
2	48,5	16,1	5,3	3,5	1,9	1,6	2,1	3,1
3	42,3	21,1	8,2	3,1	2,0	1,6	2,0	2,9
4	40,8	22,3	9,5	3,0	2,0	1,6	2,1	3,0
<i>Район 5</i>								
1	59,2	11,9	2,9	2,6	2,2	1,0	0,7	1,3
2	56,8	15,6	4,2	2,8	1,5	0,9	1,4	2,2
3	48,9	20,9	9,0	2,4	1,6	0,9	1,5	2,4
4	44,9	25,7	12,1	2,2	1,6	1,0	1,4	2,2
<i>Район 6</i>								
1	48,0	11,1	3,2	3,2	3,1	2,1	1,5	2,2
2	40,9	16,3	6,6	4,2	2,6	2,1	2,6	3,2
3	33,6	19,8	9,4	4,2	2,8	2,2	2,8	3,8
4	33,9	19,1	8,2	5,1	3,6	3,1	3,9	4,1
<i>Район 7</i>								
1	11,2	17,4	7,0	6,8	7,4	3,6	2,7	4,2
2	12,3	19,2	6,9	7,2	6,9	3,7	3,4	4,7
3	15,1	19,2	7,9	10,1	6,2	4,1	3,0	3,9
4	17,8	23,3	9,9	10,8	5,8	4,2	3,4	3,8
<i>Район 8</i>								
1	6,8	19,5	12,1	11,5	8,0	5,9	4,9	5,0
2	7,6	20,8	13,6	10,7	7,6	5,2	4,6	5,6
3	8,8	22,8	14,2	10,7	7,4	5,8	4,5	5,3
4	9,5	25,5	15,5	10,6	7,1	6,0	4,6	5,0

в характерні по водності роки

Продовження додатку 8

				По сезонам			
XI	XII	I	II	весна III-V	літо VI- VIII	осінь IX-XI	зима XII-I
10	11	12	13	14	15	16	17

Річки північної частини України

Район 1

7,9	17,2	7,8	4,1	49,0	8,6	13,3	29,1
3,9	13,4	5,5	3,4	63,9	6,4	7,4	22,3
3,4	6,0	3,1	2,3	78,7	3,5	6,4	11,4
1,7	2,4	1,3	0,9	89,3	2,8	3,3	4,6

Район 2

4,8	2,9	4,9	12,6	56,1	13,7	9,5	20,4
5,7	4,4	3,2	8,3	61,8	10,4	11,9	15,9
5,4	3,8	5,3	4,4	62,0	12,1	11,9	13,5
5,4	5,0	4,2	4,5	60,0	13,9	12,4	13,7

Район 3

6,4	5,9	5,0	13,6	47,2	14,5	13,8	24,5
6,3	4,9	6,1	10,7	51,4	11,2	15,7	21,7
6,6	6,6	5,7	7,0	54,3	10,0	16,4	19,3
5,5	5,1	4,6	5,7	61,3	8,6	14,7	15,4

Район 4

4,3	7,8	3,4	6,6	65,1	6,9	11,2	17,8
4,8	5,6	3,4	4,1	69,9	7,0	10,0	13,1
4,8	5,1	3,4	3,5	71,6	6,7	9,7	12,0
4,7	4,4	3,3	3,3	72,6	6,6	9,8	11,0

Район 5

2,3	3,4	9,7	2,8	74,0	5,8	4,3	15,9
3,8	6,7	2,1	2,0	76,6	5,2	7,4	10,8
3,8	4,6	2,4	1,6	78,8	4,9	7,7	8,6
3,2	2,9	1,5	1,3	82,7	4,8	6,8	5,7

Район 6

2,6	4,1	3,1	15,8	62,3	8,4	6,3	23,0
4,3	6,9	4,5	5,8	63,8	8,9	10,1	17,2
5,1	7,3	4,8	4,2	62,8	9,2	11,7	16,3
4,3	6,8	3,8	4,1	61,2	11,8	12,3	14,7

Район 7

7,9	14,7	6,7	10,4	35,6	17,8	14,8	31,8
8,5	10,5	4,9	11,8	38,4	17,8	16,6	27,2
8,6	9,3	4,1	8,5	42,2	20,4	15,5	21,9
9,2	6,2	2,2	3,4	51,0	20,8	16,4	11,8

Район 8

8,0	9,1	6,4	2,8	38,4	25,4	17,9	18,3
9,0	7,6	4,0	3,7	42,0	23,5	19,2	15,3
7,8	5,9	3,6	3,2	45,8	23,9	17,6	12,7
7,0	4,1	2,6	2,5	50,5	23,7	16,6	9,2

Продовження додатку 8



Річки південної частини України

Район 9

1	5,3	38,9	12,8	4,7	5,9	4,2	3,1	3,2
2	8,8	34,5	15,9	5,5	5,3	3,1	2,2	2,8
3	10,5	27,9	20,5	6,2	4,3	2,7	2,4	2,9
4	11,1	31,2	17,9	5,1	3,8	2,6	3,0	2,8

Район 10

1	14,7	52,7	3,7	3,0	3,3	3,7	2,4	1,7
2	7,4	44,9	16,3	4,9	2,5	2,2	2,8	2,3
3	11,5	38,2	20,3	4,5	2,8	1,9	2,1	2,6
4	10,5	35,4	19,0	5,2	2,9	1,8	2,0	3,2

Район 11

1	6,4	32,6	14,8	7,7	6,2	4,3	2,9	3,2
2	11,0	28,8	16,7	8,0	5,4	4,4	2,4	2,4
3	11,3	28,9	18,5	7,3	5,3	4,1	2,2	2,0
4	11,3	28,7	18,7	6,7	4,1	3,6	1,7	2,3

Район 12

1	22,2	49,2	5,3	4,9	4,0	2,9	0,0	0,0
2	20,3	51,5	6,8	6,6	3,1	0,0	0,0	0,0
3	24,9	48,9	12,6	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Район 13

1	9,0	22,0	13,7	12,1	9,9	3,9	2,0	0,0
2	9,6	15,4	28,4	13,1	6,4	3,4	0,0	0,0
3	11,4	29,9	18,5	9,7	4,9	2,6	0,0	0,0
4	13,4	32,0	21,9	7,8	3,8	2,0	0,0	0,0



10	11	12	13	14	15	16	17
Річки південної частини України							
<i>Район 9</i>							
3,8	5,7	6,5	5,9	57,0	7,9	12,7	12,4
4,2	5,5	6,7	5,5	59,2	16,1	12,5	12,2
3,9	6,1	6,4	7,1	58,9	15,6	12,0	13,5
3,9	6,2	6,1	6,3	60,2	14,5	12,9	12,4
<i>Район 10</i>							
2,2	3,3	3,6	5,7	71,1	12,4	7,2	9,3
2,2	4,3	5,2	4,8	68,8	12,4	9,4	10,0
3,1	4,0	4,8	4,2	70,0	11,3	9,7	9,0
3,7	5,0	5,7	5,6	64,9	11,9	11,9	11,3
<i>Район 11</i>							
4,1	4,7	5,5	7,6	53,8	21,1	12,0	13,1
3,7	5,1	4,5	7,6	56,5	20,2	11,2	12,1
3,5	4,7	5,4	6,8	58,7	18,9	10,2	12,2
3,9	5,4	5,7	7,9	58,7	16,1	11,6	13,6
<i>Район 12</i>							
0,0	3,7	2,9	4,9	76,7	11,8	3,7	7,8
0,0	1,9	2,9	6,9	78,6	9,7	1,9	9,8
0,0	0,0	0,0	5,6	86,4	8,0	0,0	5,6
<i>Район 13</i>							
2,2	4,6	7,8	12,8	44,7	27,9	6,8	20,6
2,1	4,3	7,5	9,8	53,4	22,9	6,4	17,3
0,0	5,8	9,1	8,1	59,8	17,2	5,8	17,2
0,0	4,3	7,0	7,8	67,3	13,6	4,3	14,8



Хімічна характеристика води крупних річок України
(стовбці 2-17: чисельник - від, знаменник - до)

Басейн річки, ділянка річки, ствір	Біогенні компоненти, мг/л					
	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Fe _{общ}	PO ₄ ³⁻	Si
1	2	3	4	5	6	7
Дніпро		<u>0,00</u>				
Верхній Дніпро	<u>0,18</u>	<u>4</u>	<u>0,08</u>	<u>0,09</u>	<u>0,01</u>	<u>1,2</u>
Київське водосховище	1,27	<u>0,00</u> 5	0,89	0,91	0,38	10,5
Середній Дніпро						
Кременчуцьке водосховище	<u>0,36</u>	<u>0,001</u>	<u>0,02</u>	<u>0,01</u>	<u>0,01</u>	<u>1,2</u>
	1,43	0,050	0,50	0,56	0,46	9,5
Нижній Дніпро						
Каховське водосховище	<u>0,23</u>	<u>0,00</u>	<u>0,02</u>	<u>0,01</u>	<u>0,01</u>	<u>0,8</u>
	2,54	0,07	0,81	0,46	0,26	6,4
Дністер		<u>0,00</u>				
м. Галич	<u>0,34</u>	<u>5</u>	<u>0,06</u>	<u>0,02</u>	<u>0,000</u>	
	4,38	0,20	1,28	0,67	0,416	
м. Залещики	<u>0,35</u>	<u>0,00</u>	<u>0,07</u>	<u>0,03</u>	<u>0,005</u>	—
	5,65	1,02	2,16	0,83	0,244	
с. Маяки	<u>0,13</u>	<u>0,03</u>	<u>0,75</u>	<u>0,02</u>	—	. —
	0,78	0,05	2,18	0,26		
Сіверський Донець	—					
м. Ізюм		<u>0,00</u>	<u>0,125</u>	<u>0,00</u>	<u>0,023</u>	
		0,38	0,310	0,15	0,159	
г. Лисичанськ	—	<u>0,00</u>	<u>0,001</u>	<u>0,05</u>	<u>0,020</u>	—
		0,42	1,42	0,16	0,136	
Південний Буг						
м. Вінниця	<u>0,60</u>	<u>0,02</u>	<u>0,11</u>	<u>0,10</u>	<u>0,043</u>	
	2,10	0,31	0,39	0,95	0,450	
с. Олександрівка	<u>0,10</u>	<u>0,02</u>	<u>0,20</u>	<u>0,08</u>	<u>0,020</u>	. —
		0,35	0,40	1,48	0,462	
м. Миколаїв	<u>0,087</u>	<u>0,00</u>	<u>0,059</u>	<u>0,03</u>	<u>0,020</u>	. —
	1,75	0,21	0,37	0,39	0,227	
		0				



Окислювальність, мгО/л		Загальна жорсткість, мг-екв/л	Головні іони, мг/л						
ПО	БО		HCO ₃	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	Σй
8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<u>5,0</u>	<u>14,8</u>	<u>1,6</u>	<u>94</u>	<u>13</u>	<u>9</u>	<u>31</u>	<u>4</u>	<u>1</u>	<u>127</u>
19,8	48,6	4,2	198	29	17	50	13	22	374
<u>5,8</u>	<u>17,1</u>	<u>1,8</u>	<u>94</u>	<u>17</u>	<u>0</u>	<u>28</u>	<u>4</u>	<u>3</u>	<u>182</u>
16,8	39,4	4,2	192	28	27	53	15	25	361
<u>6,1</u>	<u>17,1</u>	<u>2,0</u>	<u>126</u>	<u>23</u>	<u>16</u>	<u>28</u>	<u>7</u>	<u>11</u>	<u>163</u>
13,2	40,8	3,6	179	56	26	54	14	28	335
<u>3,75</u>	<u>11,04</u>	<u>1,74</u>	<u>59,5</u>	<u>40,34</u>	<u>16,86</u>	<u>23,6</u>	<u>5,34</u>	<u>18,9</u>	<u>183,1</u>
10,8	107,8	7,96	236,5	174,4	226,26	103,3	40,81	172,3	783,3
<u>3,87</u>	<u>13,86</u>	<u>3,17</u>	<u>118,2</u>	<u>42,0</u>	<u>26,5</u>	<u>50,5</u>	<u>9,7</u>	<u>14,0</u>	<u>278,5</u>
9,1	69,4	7,86	268,8	157,6	164,8	113,3	34,9	98,6	799,3
<u>3,94</u>	<u>8,7</u>	<u>=</u>	<u>158,6</u>	<u>74,8</u>	<u>35,4</u>	<u>48,1</u>	<u>13,1</u>	<u>25,5</u>	<u>338,3</u>
6,78	12,4		262,8	115,0	60,0	56,9	23,4	61,0	596,2
<u>3,88</u>	<u>15,04</u>	<u>5,12</u>	<u>225,7</u>	<u>161,6</u>	<u>88,9</u>	<u>67,7</u>	<u>15,9</u>	<u>61,4</u>	<u>593,1</u>
10,88	30,18	8,08	360,7	310,8	109,2	101,1	37,7	169,4	1023,
<u>4,41</u>	<u>13,3</u>	<u>7,94</u>	<u>194,5</u>	<u>184,0</u>	<u>195,8</u>	<u>124,0</u>	<u>27,37</u>	<u>103,3</u>	<u>915,4</u>
9,0	23,5	12,47	312,4	357,0	411,3	267,6	60,33	251,8	1469,
<u>4,0</u>	<u>10,7</u>	<u>3,67</u>	<u>199,7</u>	<u>17,3</u>	<u>13,0</u>	<u>51,8</u>	<u>10,8</u>	<u>6,4</u>	<u>327,9</u>
8,9	23,6	5,78	320	36,3	37,6	84,3	20,5	33,1	497,2
<u>4,55</u>	<u>14,2</u>	<u>4,04</u>	<u>179,4</u>	<u>28,9</u>	<u>19,06</u>	<u>53,6</u>	<u>9,9</u>	<u>12,05</u>	<u>411,9</u>
13,8	30,2	7,23	394,4	60,05	66,3	103,1	30,4	67,4	701,2
<u>5,12</u>	<u>18,3</u>	<u>5,27</u>	<u>197,6</u>	<u>56,6</u>	<u>129,5</u>	<u>63,9</u>	<u>13,85</u>	<u>100,0</u>	<u>794,5</u>
12,1	32,0	15,7	335,5	420,4	1800,9	136,2	71,15	1220,5	4353,



Література

1. Закон України „Про охорону навколишнього природного середовища” від 25.06 1991р.
2. Водний кодекс України від 06. 06. 1995 р.
3. Зміни і доповнення до Водного Кодексу України,що внесені Законом України від 21. 09. 2000.,№1990-110.
4. Закон України „ Про питну воду та питне водопостачання” від 10. 01. 2002., № 2918-14.
5. Держ. санітарні правила і норми „вода питна.Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання” (Затв.наказом Мін Охорони здоров’я України від 23,12,1996.,№383).
6. Інструкція про порядок обчислення та сплати збору за забруднення навколишнього природного середовища (Затв. Наказом Мін. Охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України, Державної податкової адміністрації України від 19.07.1999., 162/379.
7. Василенко А.А.. Водоотведение,курсовое проектирование.-К.; Вища школа.Главное издательство,1998,256с.
8. Водне господарство в Україні / За ред. А.В. Яцика, В.М. Хорева – К.: Генеза 2000 – 456с.
9. Вредные химические вещества: Справ. изд./ Под ред. С. А. Подлепа, М., 1992 – 389с.
10. ГовороваЖ.М.Усовершенствование водоочистных технологий при антропогенных нагрузках на водоисточники.Обзорная информация.Вып.4-М.;ВНИИНТПИ,2000.-38с.
11. Гольдберг В. М. Взаимосвязь загрязнений подземных вод и природной среды. Л., 1987 – 248с.
12. Гольдберг В. М., Газда С. Гидрологические основы охраны подземных вод от загрязнений. М., 1984 – 262с.
13. Гольдберг В. М., Скворцов Н. П., Лукьянчикова Л. Г. Подземное захоронение промышленных сточных вод. М., 1994 – 282с.
14. Грищенко Ю. М. Комплексне використання та охорона водних ресурсів.(Навчальний посібник)-Рівне,1997.-247с.
15. Грищенко Ю. Н., Волкова Л. А. Комплексное использование водных ресурсов и охрана окружающей среды.(Учебное пособие)-К.;УМК ВО,1989.-275с.

16. Денисова О.І., Серебрякова Т.М., Чернявська А.П. Екологічна оцінка сучасного стану поверхневих вод України // Укр. географ. Журнал – 1996. – №3 – с.3 – //.
17. Жирюхин В. А., Коротков А. И., Шварцев С. Л. Гидрогеохимия. М., 1993 – 384с.
18. Журба М.Г., Говорова Ж.М., Приемышев Ю.Р., Лебедева Е.А. Очистка природных вод, содержащих антропогенные примеси. Практическое пособие. - Вологда, ВГТУ, 1998. - 104с.
19. Ковалевский В. С. Влияние изменений гидрогеологических условий на окружающую среду. М., 1994. - 138с.
20. Кочановский А. М., Семенюк В. Д. Обратное водоснабжение химических предприятий. Киев, "Будівельник", 1975.
21. Кульский Л. А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. Киев. Вища школа, 1981. - 328с.
22. Малі річки України: Довідник / А.В. Яцик, Л.Б. Бишовець, Є.О. Богатов та ін. За ред. А.В. Яцика – К., Урожай, 1991, - 296 с.
23. Мартинич О.М., Ланько А.І., Щербань М.І. Фізична географія Української РСР – К., Вища школа., 1982 – 208 с.
24. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. В.Д. Романенко, В.М. Жукинський, О.П. Оксіук, та інші, - К.: СИМВОЛ-Т, 1998. - 28с.
25. Методические указания к выполнению курсового проекта "Рациональное использование и охрана водных ресурсов", для студентов специальности "Водоснабжение, канализация, рациональное использование водных ресурсов." / Василенко А. А., Петренко А. С. . – К.: КИСИ. 1991 - 100с.
26. Методика розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів (затв. Наказом Мін. охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України від 18.05.1995., №37).
27. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями (Затв. Наказом Мін. безпеки України від 31.03.1998., №44).
28. Методы изучения и расчета водного баланса – Л.: Гидрометеиздат, 1981 – 398с.
29. Морозов С.А., Яковенко П.И., Бесіда Н.И. Рациональное использование и охрана подземных вод – К., Будивельник, 1981 – 135с

30. Национальная программа экологического оздоровления бассейна Днепра
31. Орлов В.О. Сільськогосподарське водопостачання.-К.;Вища школа,1998.-182с.
32. Орлов В.О.,Зошук А.М.,Мартинов С.Ю.Пінополістирольні фільтри технологічних схемах водопідготовки.-Рівне;РДТУ,1999.-144с.
33. ОрловВ.О.,КравченкоВ.Сільськогосподарське водопостачання.Курсове і дипломне проектування.-К.;Вища школа,1992.-191с.
34. ОрловВ.О.,ШевчукБ.Й. Интенсификация работы водоочистных сооружений.-К;Будівельник,1989.-128с.
35. ОрловВ.О.,ЗошукА.М. Водопідготовка.-Рівне;НУВГП,2004.-215с.
36. Особливості оперативного прогнозування змін хімічного складу річкових вод в умовах техногенного впливу. Л. Горєв, М. Яцюк. 5-61998 Водне господарство України. 18 – 21с.
37. Підземні водосховища та системи штучного поповнення підземних вод на півдні України. А. Аліферов, М. Міхайловський, В. Мартинов. 5-61998 Водне господарство України. 22 – 25с.
38. Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотніми водами (Затв. Постановою Кабміну України від 25.03.1999.,№303).
39. Руководство по контролю качества питьевой воды. Т. 1 – 3. Женева, 1994.
40. Семенюк В. Д., Терновцев В. Е. Комплексное использование воды в промышленном узле. Киев, ”Будівельник”,1974 – 232с.
41. СНиП 2.04.02-84.Водоснабжение.наружные сети и сооружения.- М.;Стройиздат,1985.-136с.
42. Сафонов Н.А.,Сивак В.М.,Сафонов А.Н.Сельскохозяйственное водоснабжение.Киев.Вища школа,1988.-223с.
43. Справочник по водным ресурсам / Под ред. Б.И. Стрельца; ред. – сост. А.В. Яцык, О.З. Ревера, В.Д. Дупляк – К., Урожай 1987. – 304с.
44. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю. М., Воронов Ю. В. Очистка производственных сточных вод. Учеб. пособие для вузов,- 2-е изд.- М.: Стройиздат, 1985.- 336с.
45. Яковлев С.В., Прозоров И.В., Иванов Е.Н., Гутий И.Г. Рациональное использование водных ресурсов. Учебник для ВУЗов по спец. «Водоснабжение, канализация, рациональное использование и охрана водных ресурсов», М., Высшая школа, 1991 – 400с.



Національний університет

водного господарства

та природокористування

46. Яцык А.В. Экологические основы рационального водопользования. Учебное пособие. – К.; Издательство „Генеза”, 1997, – 640с.

47. Яцык А.В. Водогосподарська екологія: у 4 т., 7 кн.-К.; Генеза, 2003,-Т.1-2,-400с.

48. Яцык А.В. Екологічна безпека в Україні.-К.; Генеза, 2001,-216с.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Алфавітний показчик		А	
		Водогосподарський комплекс	22, 25
Агресивність води	122	Водоохоронні зони	62
Активоване вугілля		Г	
Антропогенне - забруднення - навантаження	47, 153 35, 81	Гідрограф річки Гетерогенні суміші ГДК	20 55 60, 85
Атмосферні опади - норма		Д Деградація водойм	88
Б		Дефіцит води	109
Бактерії - нітріфікуючі - сульфатвідновлюючі - залізобактерії	132 132 132	Довжина - водозбору - річки Допустима величина БСК	14 14 85
Баланс -відносний -водний	154 109, 145, 147	Допустима концентрація завислих речовин Допустиме навантаження стічних вод на водний об'єкт	85 85
Басейн - інфільтраційний - річки	93, 94	З Забруднення - бактеріальні	54
Біогенні елементи	31	- біологічні	54, 57, 160
Біологічне обростання - зворотніх систем БСК	131, 93 35, 55, 73, 125	- механічні - підземних вод - теплові	54, 57 159,54, 57

	Національний університет водного господарства та природокористування		- радіоактивні - хімічні	54, 70 54, 56
В			Забруднюючі речовини	
Витрати - середня багаторічна - в роки різної забезпеченості		18 18	- активні - інертні Захищеність підземних вод Захищеність	163
Випаровування		96	- ступінь	165
Водойми - штучні		5	- категорії Знезаражування	165
Водозбір - площа - довжина		14 14	- озonom - хлором - мідним купоросом	92 92 93
Водосховище - підземне		89, 91	Зони санітарної охорони	159
Водовідбір - розрахунковий		25		
Водоспоживання - незворотне		26, 68		
І			- статистичного методу	66
Інтегральна оцінка якості води		34, 36	- комбінованого методу	67
Інфільтрація води		146	- прогнозування змін якості води	141
Інфільтраційні споруди - відкриті - закриті - майданчики		93, 98 91 92 106	- економічна Модуль поверхневого стоку	191 15
К			Н	
Категорія якості води		45	Норма річкового стоку	15

Національний університет водного господарства та природокористування		стоку	
- балансу речовин	66	- наносів річки	19
- середній багаторічний	15	III	
T		Шахтні колодязі	100
Термостабільність води	120, 122	Штучні водойми	5
Термальні забруднення	139	Штучне поповнення	
Техногенне навантаження	31	підземних вод	89
Технологія			
- багаторазового використання води	174		
- безводні	176		
- маловодні	172	E	
- повторного використання води		Експлуатаційні запаси підземних вод	159
		Екологічна оцінка	
		якості води	41, 45
O		Екологічний індекс	
Об'єм стоку	58	якості води	44
Зворотня вода	179	Екологічний норматив	165
Зворотня система	174	Епідеміологічна безпека	152
Зворотне водопостачання	146	Ефтрофікація	
Оперативне прогнозування	174		
рівня забрудненості		Я	
Охорона водойм	154	Якість води	
		- показники	71, 153
Ф		- для повторного	
Фактори	190	використання	119, 165
- антропогенні	8, 47, 181	Якісний склад води Якісний аналіз джерел	75 30
- термічні	8		
- самоочищення:	86		
фізичні	86		

Національний університет водного господарства та природокористування	хімічні	86		
	біологічні	86		
	Фонові концентрації	138		
	Фільтруючі накопичувачі			
	X			
	Характеристики гідрографічні	14		
	Хлорування зворотньої води	136		
	ХСК	55, 138		
	Цвітіння водойм	58		
	Циркуляційні води	119		



Національний університет
водного господарства
та природокористування

ЗМІСТ

	Вступ	3
1	Водні ресурси України	4

1.1	Фізико-географічна характеристика.	4
1.2	Кліматичні умови.	8
1.3	Гідрологічні і гідрографічні умови.	11
1.4	Кількісний аналіз джерел водопостачання	21
1.5	Якісний аналіз джерел водопостачання.	30
1.6	Комплексна оцінка стану джерел водопостачання.	33
1.6.1	Порядок виконання екологічної оцінки якості води та способи надання її результатів	41
	Питання контролю знань до першого розділу	46
2.	Вплив антропогенних факторів на стан водних ресурсів	47
2.1.	Антропогенне забруднення природних вод України.	47
2.2.	Характеристика об'єктів водовипуску.	53
2.3	Санітарні умови скиду стічної води у природні об'єкти.	60
2.4.	Особливості оперативного прогнозування змін хімічного складу річкових вод в умовах техногенного впливу.	65
	Питання контролю знань до другого розділу	67
3.	Покращення стану водних ресурсів	68
3.1.	Аналіз сучасного стану та основні напрямки Національної програми екологічного оздоровлення басейну Дніпра.	68
3.2.	Змішування стічних вод із водою водойм.	79
3.3.	Розрахунок необхідного ступеня очистки стічної води	83
3.4.	Самоочищення водоймищ.	91
3.5.	Системи штучного поповнення підземних вод	93
3.5.1.	Принципові схеми штучного поповнення підземних вод	96
3.5.2.	Відкриті інфільтраційні споруди.	97
3.5.3.	Інфільтраційні споруди	102
3.5.4.	Шахтні колодязі	104
3.5.5.	Інфільтраційні майданчики	106
3.6.	Схеми водопостачання і водовідведення промислових підприємств.	107
3.7.	Вимоги до якості води використовуваної повторно в промисловості	119
3.8.	Методи очищення води і стічних	124



Питання контролю знань до третього розділу

142

4. Рациональне використання водних ресурсів

144

4.1.	Розрахунок балансу водних ресурсів	145
4.2.	Визначення коефіцієнта ефективності використання води	148
4.3.	Рациональне використання підземних вод в умовах антропогенного впливу .	150
4.4.	Застосування очищених стічних вод на промислових підприємствах.	162
4.4.1	Системи каналізації промислових підприємств із мінімальним скиданням стічних вод у водойму.	165
4.4.2	Комплексна схема очищення і використання стічних вод і відходів виробництва хімічного комбінату і міста.	170
4.4.3	Схема очищення і повторного використання стічних вод при виробництві хлору і каустичної соди	173
4.4.4	Система водного господарства автомобільних заводів	175
4.4.5	Схема очищення і використання стічних вод целюлозно-картонного комбінату.	177
4.5.	Використання природних і стічних вод в сільському господарстві	180
4.5.1.	Характеристика якості води і джерел зрошення	181
4.5.2.	Причини засмічення елементів зрошувальних систем	183
4.5.3.	Системи підготовки води для зрошення	185
4.5.4.	Системи краплинного зрошення	187
4.5.5.	Мікродошування	188
	Питання контролю знань до четвертого розділу	188
5.	Економічна модель водогосподарської діяльності підприємства.	190
	Додаток 1	198
	Додаток 2	200
	Додаток 3	201
	Додаток 4	203
	Додаток 5	204
	Додаток 6	205



Національний університет

водного господарства

та природокористування

Додаток 7	222
Додаток 8	228
Додаток 9	232
Література	234
Показчик термінів	238
Зміст	243



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Навчальне видання

*Олексій Анатолійович Василенко
Лариса Леонідівна Литвиненко
Олександр Миколайович Квартенко*



Національний університет
водного господарства
та природокористування

РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ТА ОХОРОНА ВОДНИХ РЕСУРСІВ

Навчальний посібник

Друкується в авторській редакції

Комп'ютерна верстка



Національний університет
водного господарства
та природокористування

*О.М.Квартенко
Л.Л.Литвиненко*

Підписано до друку 2006р.

Формат 60x84 1/16 папір друкарський №1. Гарнітура Times.

Друк трафаретний.

Ум.-друк.арк.12.6 Тираж 200 прим. Зам.№_____

**Видавництво Національного університету водного
господарства та природокористування
33000, м. Рівне, вул. Соборна,11**

Василенко О.А.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Литвиненко Л.Л.

Квартенко О.М.

**РАЦІОНАЛЬНЕ
ВИКОРИСТАННЯ ТА ОХОРОНА
ВОДНИХ РЕСУРСІВ**

РІВНЕ 2006