

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з дисципліни „**Екологія міських систем**”
для студентів
напряму підготовки „Екологія ”

ОДЕСА - 2008

ББК

Ш

УДК 502.7:54

Друкується за рішенням Методичної ради Одеського державного екологічного університету (протокол № ____ від ____ 2008 р.)

Т. П. Шаніна , Ю.М. Соколов., В. А. Кузьміна Екологія міських систем:
Конспект лекцій . – Одеса: ОДЕКУ, 2008. – 150 с.

В конспекті лекцій послідовно розглядаються екологічні проблеми населених пунктів, що пов'язані з функціонуванням систем водопостачання та водовідведення, природні та антропогенні компоненти урбанізованих територій та екологічні проблеми міст України.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
ЧАСТИНА І	6
РОЗДІЛ І.....	6
ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	6
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ВОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ	6
1.1 Роль компонентів хімічного складу води в житті людей. Загальні вимоги до якості води.....	6
1.2 Загальні відомості про водокористування та водовідведення .	8
1.3 Водовідведення в Україні.....	12
1.4 Водокористування та водовідведення в басейнах малих річок	12
2 СИСТЕМИ І ОСНОВНІ СХЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	15
2.1 Класифікація систем водопостачання	15
2.2 Критерії ефективності використання води.....	18
3 СКЛАД СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ	21
3.1 Джерела водопостачання	25
3.2 Вибір схеми водопостачання	26
4 ЯКІСТЬ ВОДИ ДЛЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ	28
4.1 Показники якості природних вод	28
4.2 Вимоги до джерела водопостачання і його вибір	39
4.3 Характеристика вод за видами їх використання	43
4.4 Норми водопостачання.....	54
4.5 Графіки водопостачання.....	55
5 ФІЗИЧНІ ТА ХІМІЧНІ МЕТОДИ ОЧИСТКИ ПРИРОДНИХ ВОД ДЛЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ	57
5.1. Класифікація домішок за фазоводисперсним станом.....	57
5.2 Основні технологічні процеси очистки води.....	58
РОЗДІЛ ІІ	80
1 ВОДОВІДВЕДЕННЯ	80
1.1 Основні відомості про стічні води. Класифікація стічних вод	80
1.2 Вибір схеми і системи каналізації	88
2 МЕТОДИ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД	91
2.1 Механічні та фізико-хімічні методи очистки.....	92
2.2 Хімічні методи очищення.....	94
2.3 Біохімічні методи очищення стічних вод.....	96
2.3.1 Біохімічна очистка стічних вод в природних умовах	98
2.4 Очисні споруди з аеробним розкладанням	100
2.5 Очисні споруди з анаеробним розкладанням.....	104
3 СТАНЦІЇ ОЧИСТКИ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД.....	109
3.1 Очисні споруди станції очистки міських стічних вод.....	109
3.2 Санітарно-захисні зони очисних станцій	111
3.3 Вибір схеми очищення стічних вод.....	116

3.4	Осади стічних вод	117
3.5	Контроль складу стічних вод і показники ефективності роботи очисних споруд	118
3.6	Використання продуктів анаеробних біохімічних процесів	121
ЧАСТИНА II		123
1	ПРИРОДНІ ТА АНТРОПОГЕННІ КОМПОНЕНТИ	123
1.1	Класифікація природних та антропогенних компонентів	123
1.2	Містоутворюючі та містообслуговуючі компоненти у місті	127
1.3	Тверді побутові відходи в місті.....	128
2	ЗМІНА ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОНЕНТІВ, ЯКІ УТВОРЮЮТЬ СЕРЕДОВИЩЕ У МІСТІ	131
2.1	Зміна літогенного компонента	131
2.2	Зміна гідрогенного компонента у місті	133
2.2.1.	Зміна поверхневих вод	133
2.2.2	Зміна рівня підземних вод у місті.....	136
2.3	Зміна біогенного компонента в місті	137
2.3.1	Зміна рослинності після створення міста	138
2.3.2	ЗМІНА ТВАРИННОГО СВІТУ ПІСЛЯ СТВОРЕННЯ МІСТА	141
3	ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ МІСТ УКРАЇНИ	144
3.1	Екологічні проблеми індустриальних центрів	144
3.1.1	Київ	144
3.1.2	Харків	145
3.2	Екологічні проблеми великих портових міст.....	145
3.3	Екологічні проблеми міст з переважним розвитком однієї галузі виробництва	146
ОСНОВНА ЛІТЕРАТУРА		149
ДОПОМІЖНА ЛІТЕРАТУРА		149
ЛІТЕРАТУРА		151

ВСТУП

Навчальна дисципліна "Екологія міських систем" належить до нормативних дисциплін та циклу природно-наукових (фундаментальних) дисциплін, викладається для підготовки бакалаврів за напрямом "Екологія" 0708 за спеціальністю 6.070800 "Екологія та охорона навколишнього середовища" всіма спеціалізаціями.

Метою вивчення курсу є: формування у студентів знань основ водоспоживання, каналізації сучасних міст, визначення рівня соціальної забезпеченості населення, масштабів розвитку промисловості. Споживання води досягло таких масштабів, що природні ресурси не здатні забезпечити необхідну їй кількість. Значні об'єми скидних стічних вод піддаються частковій очистці, і там, де вона недостатньо ефективна, відбувається забруднення джерел водоспоживання, погіршується екологічна обстановка не тільки в окремих містах, а і в цілих районах. Уява про місто як складну систему соціальних, технічних та природних комплексів, які взаємодіють та змінюються у часі.

Об'єктом вивчення "Екології міських систем" є взаємозв'язки і взаємодія у часі та просторі двох систем – міської і природної.

Урбанізація як об'єктивний процес має свої позитивні риси, проте поряд з багатьма соціально-економічними проблемами вона створила комплекс екологічних, які загрожують у деяких випадках здоров'ю і навіть існуванню міського населення. Старі і нові міста повинні бути зручними для праці і відпочинку громадян.

З екології міських систем є два фундаментальних підручника "Экология города" (російською мовою) під редакцією Стольберга Ф.В. та монографія Кучерявого В.П. "Урбоекологія" (українською мовою).

Курс лекцій враховує ці роботи, але є самостійною розробкою. Слід зазначити такі завдання навчального курсу як знання головних видів взаємодіючих компонентів у місті, їх властивостей та оцінка екологічних проблем міст України.

Після освоєння цієї дисципліни студенти повинні знати основні схеми водопостачання та водовідведення, вимоги до якості води джерел водопостачання та стічних вод, які надходять до водних об'єктів, а також методи водопідготовки для потреб водопостачання та при скидах стічних вод, динаміку та еволюцію урбосистем, а також стійкість урбосистем до зовнішніх впливів.

ЧАСТИНА І

РОЗДІЛ І

ВОДОПОСТАЧАННЯ

І ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ВОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

1.1 Роль компонентів хімічного складу води в житті людей. Загальні вимоги до якості води

Вода є основним внутрішньоклітинним і позаклітинним середовищем, у якому протікає обмін речовин у всіх рослин, тварин і мікроорганізмів, а також субстратом ряду хімічних ферментативних реакцій. У процесі фотосинтезу вода разом з вуглекислим газом залучається до утворення органічних речовин і, таким чином, служить матеріалом для створення живої матерії.

Вода забезпечує перенесення поживних речовин і продуктів обміну (кров, лімфа, сік рослин), ряд важливих властивостей і процесів (тургор, терморегуляція). (Терморегуляція – здатність людини, ссавців і птахів підтримувати температуру організму у вузьких певних межах, незважаючи на значні коливання температури зовнішнього середовища і власної теплопродуктивності. Важливою функцією при терморегуляції є властивість організму виділяти піт, що дозволяє людині пристосуватися до високих температур (понад 30%).) Тургор (від латинського – набрякання, наповнення) – напружений стан клітинної оболонки, який залежить від осмотичного тиску рідини всередині клітини, осмотичного тиску зовнішнього розчину і пружності клітинної оболонки. Як правило, клітини тварин мають слабкий тургор, бо пружність клітинної оболонки є низькою. У живих рослинних клітин осмотичний тиск внутрішньої рідини завжди більший, ніж у зовнішньої, але розриву клітинної оболонки в них не відбувається. Цьому сприяє наявність целюлозної клітинної стінки. Завдяки тургору тканини рослини мають пружність і є конструктивно міцними. Падіння тургору призводить до в'янення і старіння рослинних організмів.

Правильний питний режим забезпечує нормальний водно-сольовий обмін, створює сприятливі умови для життєдіяльності організму. Мінімальна кількість води, необхідної організму для підтримання водно-сольового балансу протягом доби (так звана норма питна норма), залежить від кліматичних умов, а також віку, характеру виконуваної роботи. Для центральних районів України об'єм води, яка випивається і надходить з їжею, за мінімального фізичного навантаження становить 2,5 л на добу, за роботи середньої важкості – до 4 л, в умовах Середньої Азії – відповідно 3,5 і 5 л, за важкої роботи на відкритому повітрі може досягати 6,5 л.

Важливим є хімічний склад природних вод, які використовуються для водопостачання. Він є складним комплексом розчинених мінеральних солей, газів та органічних сполук. У природних водах розчинені майже всі відомі на землі хімічні елементи, але більша частина з них знаходиться в таких малих кількостях, що їх поки не виявлено через недостатню чутливість методів аналізу.

Хімічний склад природних вод умовно поділяють на такі групи (О.О.Алекін, 1970; А.М.Никаноров, 1989):

- 1) головні іони (макроелементи) – Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , які утворюють основну частину мінерального складу і зумовлюють хімічний тип вод;
- 2) розчинені гази- кисень, азот, сірководень, діоксид вуглецю та ін.;
- 3) біогенні речовини – сполуки азоту, фосфору, заліза і силіцію;
- 4) органічні речовини – різноманітні органічні сполуки, які відносяться до органічних кислот, складних ефірів, фенолів, гумусових речовин, азотовмісних сполук (білки, амінокислоти) та багато ін.;
- 5) мікроелементи – усі метали, крім головних іонів, а також деякі інші компоненти, які містяться у водах у невеликих кількостях (наприклад, радіоактивні елементи);
- 6) забруднювальні речовини (токсичні метали- ртуть, свинець, кадмій, мідь, цинк та інші, які входять до групи мікроелементів, пестициди, синтетичні поверхнево-активні речовини та ін.).

Для запобігання небезпеки прямого чи опосередкованого негативного впливу води на здоров'я і санітарні умови життя населення велике значення мають науково обґрунтовані гігієнічні нормативи гранично-допустимого вмісту у воді хімічних речовин і мікрорганізмів. Ці нормативи є основою державних та міжнародних (Всесвітньої організації охорони здоров'я – ВООЗ) стандартів якості питної води і обов'язкові при проектуванні та експлуатації господарсько-питних водопроводів.

У першу чергу, використання води населенням повинно бути безпечним в епідеміологічному відношенні. Вона не повинна містити хвороботворних бактерій і вірусів. Водний шлях розповсюдження характерний для збудників холери, черевного тифу, паратифів і лептоспірозів, до певної міри також для збудників дизентерії, туляремії. З водою в організм людини можуть потрапляти цисти дизентерійної амеби, яйця аскаридів та ін. Епідеміологічна безпечність води досягається очисткою та знезараженням водопровідної води, шляхом проведення заходів санітарної охорони водних об'єктів. Серед хімічних речовин, що виявляються в питній воді, можуть зустрічатися речовини, які за невеликих концентрацій змінюють

органолептичні властивості води (запах, смак, прозорість та ін.). Найбільш часто органолептичні властивості води змінюються під впливом солей загальної мінералізації, заліза, марганцю, міді, цинку, а також при залишкових кількостях сполук, які використовуються як реагенти при обробці води (наприклад, хлориди).

1.2 Загальні відомості про водокористування та водовідведення

Відомо, що 2/3 поверхні нашої планети вкрито водною оболонкою. Загальна площа водних об'єктів на поверхні суші (льодовиків, озер, водосховищ, річок, боліт) становить 15% суші.

У таблиці 1.1 наведено загальну класифікацію водних об'єктів.

Таблиця 1.1. Загальна класифікація водних об'єктів

Тип	Вид
Водостік	Річка, канал, рівчак
Водойма	Озеро, водосховище, ставок, болото
Море	Окраїнне, внутрішнє, територіальне
Підземні води	Басейни, родовища, водоносні горизонти, порові води
Льодовик	Материковий, гірський

Водні ресурси у більш вузькому розумінні – це природні води, які використовуються для господарських потреб у даний час і можуть бути використані у віддаленій перспективі. У такому розумінні водні ресурси є категорією не лише природною, але й соціально-історичною.

Найбільш цінними водними ресурсами є запаси прісних вод. Ресурси прісних вод складаються з так званих статичних (або вікових) запасів води і з безперервно відновних водних ресурсів.

У структурі використання водних ресурсів Європи більше половини загального водокористування (51%) йде на потреби промисловості, 34% - сільського господарства і 15% - на комунальне водопостачання. Розвиненими країнами ведеться планомірна політика скорочення водокористування, що досягається створенням замкнутих систем охолодження, збільшення частки повторного використання води і оборотних систем водопостачання, впровадження безводних технологій. У той самий час на комунальні потреби використання води зростає.

У зв'язку з підвищенням рівня благоустрою міст і населених пунктів, оснащенням інженерним обладнанням споруд, розвитком системи централізованого водопостачання невпинно зростає питоме водокористування з міських водопроводів. В Україні водокористування промисловості складає 44,4%, сільського господарства – 45,3%, комунального господарства – 10,3%.

У деяких країнах застосовується опріснення морської води в обмежених розмірах для забезпечення питного водопостачання. (Казахстан м. Актау, продуктивність 157 тис.м³ прісної води на добу).

Водні ресурси України є обмеженими і дуже нерівномірно розподіленими за територією.

Запаси підземних вод також розподілені нерівномірно. Близько 75% з них зосереджено у Волино-Подільському та Дніпровсько-Донецькому артезіанських басейнах. Слабко забезпечені підземними водами південні регіони та Донбас.

Запаси водних ресурсів в Україні на одного жителя становлять 1,7 тис м³ на рік, що ставить її поряд з найменш забезпеченими водою країнами Європи. Уже зараз у деяких районах забезпечення водою населення і народного господарства є незадовільним. До того ж різко погіршується якість води деяких джерел водопостачання в результаті їх забруднення стічними водами. У великій кількості міських населених пунктах України якість питної води, яка подається централізованими водопроводами, має відхилення від встановлених нормативів. Усього ж питна вода, яка за хімічними показниками не повністю відповідає діючому стандарту, становила близько 17% від загального водокористування. Якість води, якою користується населення у сільській місцевості, необхідним чином взагалі не контролюється.

Напружена ситуація з водопостачанням склалася у межиріччі Дніпро-Сіверський Донець, у Запорізькій та Дніпропетровській областях. Залишається невирішеною проблема водопостачання південних районів країни (Одеська і Миколаївська області). До того ж через обмежені водні ресурси й забруднення води р. Дністер виникли проблеми використання. Висунутий свого часу проект розв'язання проблеми водопостачання в комплексі будівництва каналу Дунай-Дніпро не було реалізовано через недостатню екологічну обґрунтованість доцільності цього будівництва.

Зараз в Україні діє, а також планується уведення ряду водоводів, які повинні суттєво впливати на водопостачання окремих районів (табл. 1.2)

Загальна протяжність комунальних мереж водопроводів України складає понад 112000 км. В країні є міста

Взагалі ж під **водозабезпеченістю** розуміють ступінь можливого задоволення оптимальних потреб водокористувача у воді за рахунок доступних для використання водних ресурсів.

Водокористувачі- це галузі народного господарства, які не забирають воду з водного об'єкта, або ж забирають її на короткий час і знову повертають; при цьому може змінюватися режим водойми. До них відносяться гідроенергетика, водний транспорт, рибне господарство.

Таблиця 1.2. Водоводи в Україні (діючі й ті, що проектуються)

Назва водоводу	Довжина, км	Пропускна здатність	
		м ³ /с	млн. м ³ /р.
Дніпро-Донбас-Харків	142	8,6	239
Дніпро-Біла Церква-Умань (проект.)	250	2,0	60
Дніпро-Кіровоград	116	1,7	54
Міжгірне водосховище-Севастополь(пр.)	78	1,5	47,5
Південнодонбаський	58	1,5	47,5
Дніпро-Західний Донбас	70	1,4	43,8
Дніпро-Херсон-Миколаїв	80	6,2	196

Водоспоживачі – це галузі народного господарства, які забирають воду з водного об’єкта і зовсім не повертають або ж повертають в іншому місці меншу кількість та іншої якості. До них належать зрошуване землеробство, комунальне і промислове водопостачання, теплоенергетика.

У “Водному кодексі України” (1995) залишилося одне поняття “водокористування” – використання вод (водних об’єктів) для задоволення потреб населення і галузей економіки.

Під час водокористування можуть виникати безповоротні втрати води – не виробничі втрати води на випаровування й фільтрацію в системах водопостачання та за безпосереднього використання її водокористувачами; втрати води на випаровування з поверхні водосховищ і ставків; підвищені втрати води на фільтрацію через греблі, шлюзи та інші споруди.

На початку 90-х років водокористування знизилось, що зумовлено загальним спадом виробництва. Згідно з “Водним кодексом України” (1995), водокористувачі можуть бути первинними і вторинними.

Первинні водокористувачі - це ті, що мають власні водозабірні споруди і відповідне обладнання для забору води. *Вторинні водокористувачі (абоненти)* – це ті, що не мають власних водозабірних споруд і отримують воду з водозабірних споруд первинних водокористувачів та скидають стічні води в їх системи.

Використання вод в Україні здійснюється в порядку загального і спеціального водокористування, для потреб гідроенергетики, водного і повітряного транспорту.

Загальне водокористування здійснюється громадянами для задоволення їх потреб (купання, плавання на човнах, любительське і спортивне рибальство, водопій тварин, забір води з водних об’єктів без застосування споруд або технічних пристроїв та криниць) безкоштовно, без закріплення водних об’єктів за окремими особами та без надання відповідних дозволів.

Спеціальне водокористування – це забір води з водних об’єктів із застосуванням споруд або технічних пристроїв та скидання в них зворотних

вод (задоволення питних потреб населення, а також господарсько-побутових, лікувальних, оздоровчих, сільськогосподарських, промислових, енергетичних, транспортних, рибогосподарських та інших державних і громадських потреб).

У промисловості найбільш значними водокористувачами є енергетика, яка забирає 60% усієї свіжої води і 53% оборотної, чорна металургія – 17 і 22 %, хімічна і нафтохімічна – 6 і 10 %, харчова промисловість – 5 і 3 %. Ці самі водомісткі галузі використовують близько 83% всієї забраної води у промисловості. За рахунок впровадження оборотних систем водопостачання досягнуто економії свіжої води, %: у паливній промисловості – 89, чорній металургії – 83%, хімічній і нафтохімічній – 87, лісовій – 68. За рахунок впровадження оборотного водопостачання зменшується об'єм скидання стічних вод.

Певне зменшення темпів водокористування за останні роки зумовлено уведенням нових систем оборотного водопостачання, заміною водяного охолодження технологічного обладнання на повітряне і впровадженням безстічних систем водокористування (у країні діє понад 110 підприємств з безстічними системами водокористування, які забезпечують щорічно економію понад 8,0 км³ свіжої води)

Використання води у промисловості може скорочуватись завдяки змінам у технології виробництва і впровадженню систем оборотного водопостачання. Наприклад, на Запоріжсталі використання води зменшилось на 81,4, Лисичанському содовому заводі – на 33,8 тис.м³/р. При переході теплової електростанції з прямої на оборотну систему водопостачання витрата води зменшується у 13 разів. Використання оборотної системи водопостачання при виробництві 1 т сталі скорочує витрату води в 10 разів, 1 т хлору і каустичної соди – у 9,1 рази, 1 т сірчаної кислоти – в 10-16 разів, 1 т феросплавів – в 6-10 разів.

Для стабілізації водокористування треба також забезпечити економію води, більш широке залучення до господарського обігу морських та високо мінералізованих підземних вод, скорочення витрат питної води на непитні потреби, підвищення водовіддачі існуючих водних джерел і захист їх від забруднення. Треба зазначити, що в Україні використовуються морські води в народному господарстві, найбільша їх кількість – у Донецькій області йде на потреби чорної металургії в м. Маріуполі (795 млн. м³), значно менше в Криму – 96, Одеській – 57 і Херсонській областях – 1 млн. м³.

Згадані вище заходи дають можливість вдвічі скоротити питомі витрати води на одиницю продукції в промисловості, залишити водокористування на сучасному рівні до 2005 р.

У житлово-комунальному господарстві резервом економії води є зменшення витрат у мережах водопостачання, які досягають 0,6 км³ води на рік, і недопущення використання питної води на технічні потреби, що становить близько 20%.

1.3 Водовідведення в Україні

Водовідведення – це повернення води водокористувачами після її використання у виробничих процесах, у комунальному господарстві. Повернуті води кількісно визначаються різницею між використанням свіжої води і безповоротними втратами.

Зворотна вода – це вода, що повертається за допомогою технічних споруд і засобів з господарської ланки у вигляді стічної, шахтної, кар'єрної чи дренажної води.

Вода стічна – це вода, що утворюється в процесі господарсько-побутової та виробничої діяльності (крім шахтної, кар'єрної та дренажної води), а також відведена із забудованої території, на якій вона утворилася внаслідок випадання атмосферних опадів.

Внаслідок випереджаючого будівництва житла, об'єктів соціально-культурного побуту і промисловості, незбалансованого розвитку міських водогосподарських комплексів диспропорція між потужностями системи водопостачання і очисних споруд каналізації збільшується.

Крім стічних вод, водні об'єкти забруднюються поверхневим стоком з території міст, підприємств і сільгоспугідь.

У глибокі підземні горизонти, які надійно ізольовані, скидаються стічні води, очистка і використання яких зараз не є можливими з техніко-економічних міркувань. Відбувається також зворотне закачування підземних вод, які надходять на поверхню при видобутку нафти і газу.

Скидання стічних вод – це не просто надходження у водні об'єкти забруднених водних мас, це поява в природних водах значної додаткової кількості завислих і розчинених речовин.

1.4 Водокористування та водовідведення в басейнах малих річок

Усього в Україні 3212 малих річок мають довжину 10 км і більше, їх загальна довжина становить близько 74 тис. км. З них у басейні Дніпра налічується 1383 (48%) і Дністра – 453 (14%) річок сумарною довжиною відповідно 32,1 і 10,6 тис. км.

Водозабір на господарські потреби в басейнах малих річок досягає 6,26 км³ (13%), підземних прісних вод – 2,03 км³ (51%) і шахтно-кар'єрних вод – 0,9 км³.

Об'єм води, що скидається в річкову мережу малих басейнів, дорівнює 2,84 км³, із них забруднених вод 21%. Щодо сумарного об'єму водовідведення у водні об'єкти суші в Україні, то на малі річки припадає майже 17%, а забруднених стічних вод – 23%.

Значні об'єми забруднених стічних вод скидаються в малі річки в басейні Вісли, де їх частка в об'ємі водовідведення становить 38%

(р.Західний Буг – 45%); в басейні Дніпра – 28% (на ділянці водозабору Дніпродзержинського водосховища – 46%, Каховського – 47%); на малих річках Причорномор'я – 77%; в басейні Сіверського Дінця – 30% . Водозабір з малих річок становить лише 20% від загального водозабору в країні, але він на 67% забезпечує потреби сільгоспводопостачання, на 35 – зрошення, на 25% - господарсько-побутові потреби населення. Четверта частина об'єму забруднених стічних вод, що скидаються у водні об'єму, що скидаються у водні об'єкти України, припадає на малі річки.

Розвиток зрошувального землеробства на півдні республіки зумовлює значне водокористування на зрошення з малих річок нижньої течії Дунаю (всього в басейні 97% зрошення забезпечується водними ресурсами малих річок), Причорномор'я (96%), Приазов'я (37%), нижньої течії Дніпра (30%).

Використання водних ресурсів малих річок на виробничі потреби є найбільш характерним для басейну Вісли, Дністра (58-61%), а також Приазов'я і Причорномор'я.

Найбільший питомий показник забору води із малих річок відзначено у басейні Дністра ($10910 \text{ м}^3/\text{р}/\text{км}^2$) і в Приазов'ї (13340), а найменший – на малих Дніпра ($5370 \text{ м}^3/\text{р}/\text{км}^2$), де виробництво орієнтовано на водозабір з русла головної річки.

Найбільші навантаження за кількістю водокористувачів зазнають малі річки Криму (Альма, Чорна, Бельбек), а також Кальчик, Шостка, Уж (басейн Дунаю), де на одного водокористувача припадає від 8 до 20 км^2 площі водозбору; найменше (понад 100 км^2 на одного водокористувача) в басейнах річок Лядова (басейн Дністра), Мокрі Яли (басейн Дніпра), Борова, Євсуг, Жеребець (басейн Сіверського Дінця), а на інших – на одного водокористувача припадає $22-93 \text{ км}^3$ площі водозбору. Об'єми скидання стічних вод коливаються від нуля до 310 млн м^3 – р. Кринка (Приазов'я).

На багатьох річках спостерігається значне скидання забруднених стічних вод. Серед річок, де їх об'єм перевищує $1 \text{ млн м}^3/\text{р.}$, річка Уж (14% усього об'єму стічних вод), Солона – 40, Стир – 70, Золотоноша – 73, Іква – 91%.

Матеріали паспортизації малих річок свідчать, що крім скидання стічних вод, значний вплив на стан річок справляють негативні зміни на водозборах. Зокрема, розораність земель, яка в країні в цілому досягла 56%, а у степовій зоні – 63%. У той час лісистість території країни становить лише 14%, а у степовій зоні – 4,4%. Оптимальна у водоохоронному відношенні лісистість на водозборах степових річок повинна дорівнювати 16%.

Водогосподарські організації для поліпшення ситуації на річках вживають такі заходи:

- залісення прибережних смуг;
- упорядкування річищ;
- закріплення берегів;
- будівництво водозахисних дамб і ін.

Контрольні запитання

1. Що таке водні ресурси у більш вузькому розумінні ?
2. Які водні ресурси є найбільш цінними ?
3. Які споживачі значні у структурі використання водних ресурсів ?
4. Яка політика проводиться розвиненими країнами щодо водокористування?
5. Чим характеризуються водні ресурси України ?
6. Проблеми водопостачання в Україні.
7. Що таке водозабезпеченість?
8. Що таке водокористувачі?
9. Як відбувається загальне водокористування?
10. Як відбувається спеціальне водокористування?
11. Хто такі первинні водокористувачі?
12. Хто такі вторинні водокористувачі (абоненти) ?
13. Що таке водовідведення?
14. Що таке зворотна вода?
15. Що таке стічна вода?
16. Основні проблеми водовідведення в Україні.
17. Навантаження стічних вод на басейни малих річок.
18. Заходи щодо поліпшення ситуації на річках .

2 СИСТЕМИ І ОСНОВНІ СХЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ

2.1 Класифікація систем водопостачання

Системи водопостачання міст представляють собою комплекс інженерних споруд для забору, підйому, очистки води, її збереження та транспорту роки до споживача.

Основним споживачами води в місті є населення і промислові підприємства, транспорт тощо. Особову групу споживачів складають споживачі води на протипожежні потреби. У практиці водопостачання міст зустрічаються різні системи, які централізовано забезпечують споживачів водою.

Усю різноманітність систем водопостачання, які зустрічаються на практиці можна класифікувати за такими ознаками:

- *за видом природних джерел*, що використовуються, - водопроводи, які забирають воду з поверхневих або підземних джерел, і водопроводи змішаного споживання;

- *за призначенням* – водопроводи комунальні (міські, селищні), залізничні, сільськогосподарські, виробничі, які, в свою чергу, поділяються за галузями промисловості (водопроводи хімічних підприємств, теплових електростанцій, металургійних комбінатів, тощо);

- *за територіальною ознакою* – локальні (для одного об'єкта) і групові (або районні) водопроводи, що обслуговують групу об'єктів;

- *за способами подавання води* – водопроводи самопливні (гравітаційні) і з механічним подаванням води (за допомогою насосів);

- *за видами споживачів* - об'єднана; неповна роздільна; роздільна:

Об'єднана система забезпечує всі три види споживачів, як правило, водою питної якості. Такі системи доцільні у тих випадках, якщо промисловість споживає воду питної якості або порівняно невелику кількість води. Ці системи більш прості і мають відносно меншу будівну ціну мережі, яка складає, як правило, біля 60% ціни всієї системи водопостачання.

Неповну роздільну систему використовують у випадку, коли промисловість споживає значну кількість води, вимоги до якості якої невисокі. В цьому випадку будівництво об'єднаної системи становиться не вигідним, бо невиправдані витрати на очистку води для потреб промисловості до питної якості приводять до значного подорожчання будівництва і експлуатації водопровідної системи.

Роздільні системи передбачають будівництво окремих систем для питних, промислових і протипожежних потреб. Такі системи зустрічаються дуже рідко.

Схеми водопостачання міст відрізняються набором споруджень, необхідних для забезпечення водою необхідної якості і кількості. Джерелом

водопостачання служать природні і штучні водойми, ріки, підземні артезіанські і ґрунтові води, моря і океани.

- *за кратністю використання води* – системи прямиотечій ні, з обігом води, з послідовним використанням на різних установках:

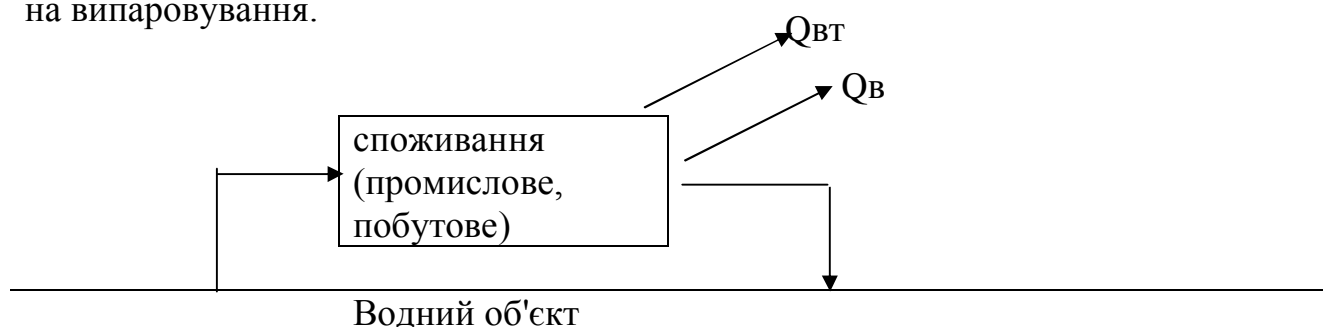
При прямиотечійних системах вода, як правило, входить до складу кінцевої продукції (наприклад, у виробництві мінеральних кислот, рідких суспендованих комплексних добрив тощо) або істотно змінює свій склад (наприклад, вода електролітів в електролізерах), у зв'язку з чим її повторне використання недоцільне. В останньому випадку її скидають після змішування з іншими стічними водами в місцеву гідрографічну мережу або передають на очисні споруди.

В оборотних системах водопостачання, коли вода використовується в основному для охолодження, доцільно нагріту воду охолоджувати (наприклад, у градирнях) і подавати для повторного використання на тому самому об'єкті. При цьому з вододжерела подається тільки 3-5 % загальної кількості води, що використовується, для поповнення її втрат під час обігу. Іноді оборотну воду треба не лише охолоджувати, а й направляти на очищення.

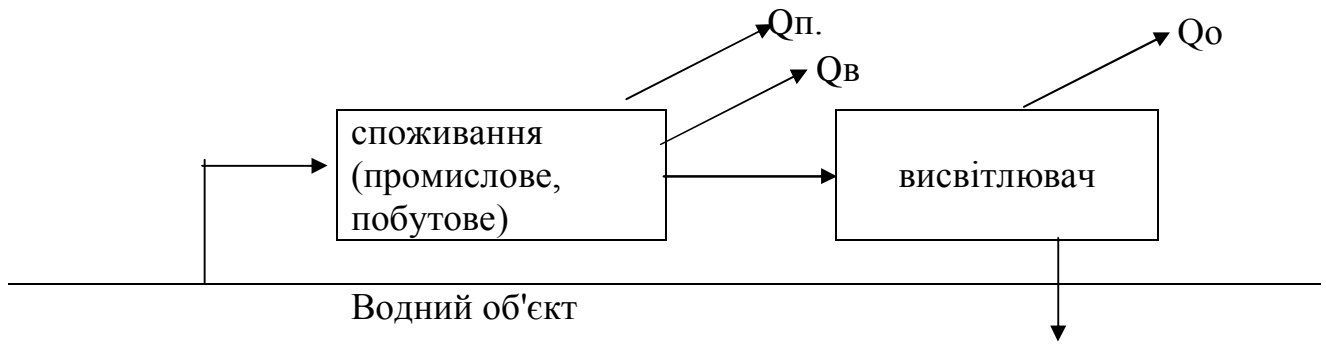
У системах повторного використання вода, яка скидається одним із промислових споживачів, може бути використана іншим (наприклад, вода після уловлювання фтор-газів у виробництві суперфосфату використовується під час добування фторид-гідрофториду амонію). Це дає змогу зменшити кількість води, яка забирається з водного джерела.

Існують 4 схеми водопостачання:

1 – прямиотечійна система (скид води здійснюється у водойми без очистки). $Q_{вт.п.}$ – безповоротні втрати води у виробництві, $Q_{вип.}$ – втрати води на випаровування.

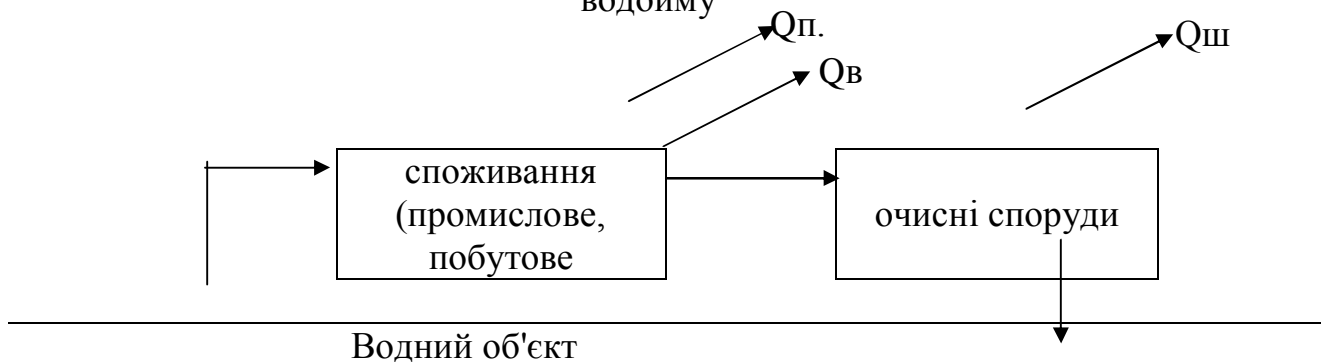


2 – система з освітленням стічних вод на очисних спорудах



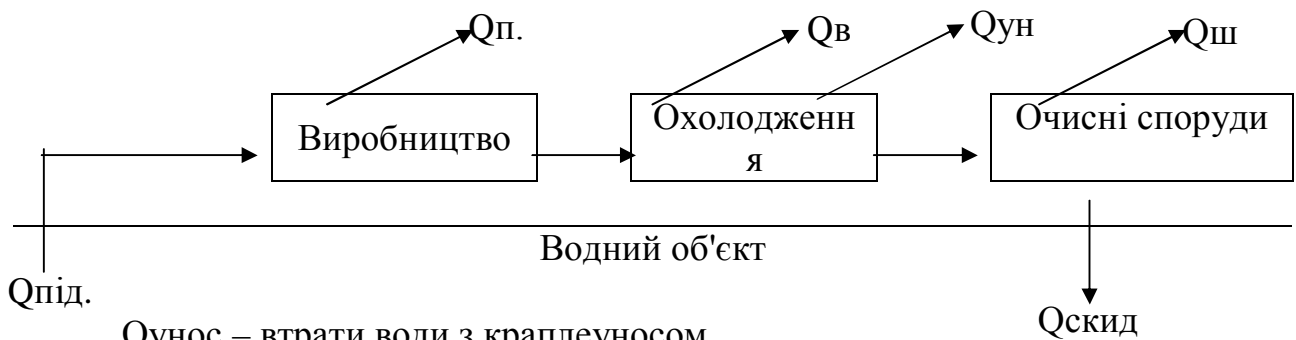
$Q_{ос.}$ – втрати води, що видаляється разом з осадом очисних споруд

3 – система водопостачання з очисткою стічних вод перед їх скидом у водойму



$Q_{ш}$ – втрати води, що видаляються зі шламами очисних споруд

4 – оборотна система водопостачання



$Q_{унос}$ – втрати води з краплеуносом,

$Q_{скид}$ – втрати води при продувці системи,

$Q_{під}$ – вода, що забирається із водного об'єкта для поповнення втрат води в системі.

В цій системі водопостачання відпрацьована вода після очистки не скидається у водойму, а багаторазово використовується в системі виробництва, підляючи регенерації після кожного виробничого циклу.

5 – система безстічного водопостачання (замкнута система), найперспективніша, але найбільш складно досягається.

2.2 Критерії ефективності використання води

Ефективність використання води може бути оцінена такими трьома показниками в сукупності.

У разі прямотечійного водопостачання деякий об'єм води втрачаються безповоротно ($Q_{вт}$). Об'єм стічних вод, що відводяться та скидаються у водойму ($Q_{ск}$), становить

$$Q_{ск} = Q_{дж} - Q_{вт}. \quad (1.1)$$

У схемі з послідовним водопостачанням об'єм стічних вод, що скидаються, зменшується відповідно до втрат на всіх стадіях виробництва:

$$Q_{ск} = Q_{дж} - (Q_{вт1} + Q_{вт2} + \dots + Q_{втn}). \quad (1.2)$$

У разі проходження стічних вод додатково через систему очисних споруд втрати води збільшуються, оскільки частина води втрачається в процесі очищення (зі шлаком, осадом тощо):

$$Q_{ск} = Q_{дж} - (Q_{вт1} + Q_{вт2} + Q_{ш} + Q_{ос}). \quad (1.3)$$

Ефективність використання води на промислових підприємствах оцінюють за трьома показниками: відносним об'ємом використаної оборотної води ($P_{об}$), коефіцієнтом використання ($Kв$) та часткою втрат ($P_{вт}$).

Технічну досконалість системи водопостачання оцінюють за відносним об'ємом використаної оборотної води ($P_{об}, \%$):

$$P_{об} = \frac{Q_{об}}{Q_{об} + Q_{дж} + Q_{с}} \cdot 100 \%, \quad (1.4)$$

де $Q_{об}$, $Q_{дж}$, $Q_{с}$ – об'єми води, що використовується з джерела та надходить у систему водопостачання з сировиною.

2. Раціональність використання води, яку забирають з джерела, оцінюють коефіцієнтом використання $Kв$:

$$Kв = \frac{(Q_{дж} + Q_{с} - Q_{св})}{Q_{дж} + Q_{с}} \dots\dots\dots (1.5)$$

3. Втрати води оцінюють за формулою:

$$P_{em} = \frac{Q_{дж} + Q_c - Q_{св}}{Q_{дж} + Q_c + Q_{об} + Q_n} \cdot 100 \%, \quad \dots\dots (1.6)$$

де Q_n – кількість води, що використовується у виробництві послідовно.

Для економічної оцінки систем водопостачання необхідно розглядати собівартість використаної води, витрати на водопостачання і їх долю у собівартості продукції, екологічний збиток, що наноситься гавколишньому середовищу за рахунок скидів забруднених стоків, а також економічний ефект від використання кожної із розглядаємих схем.

Е, З, К, С

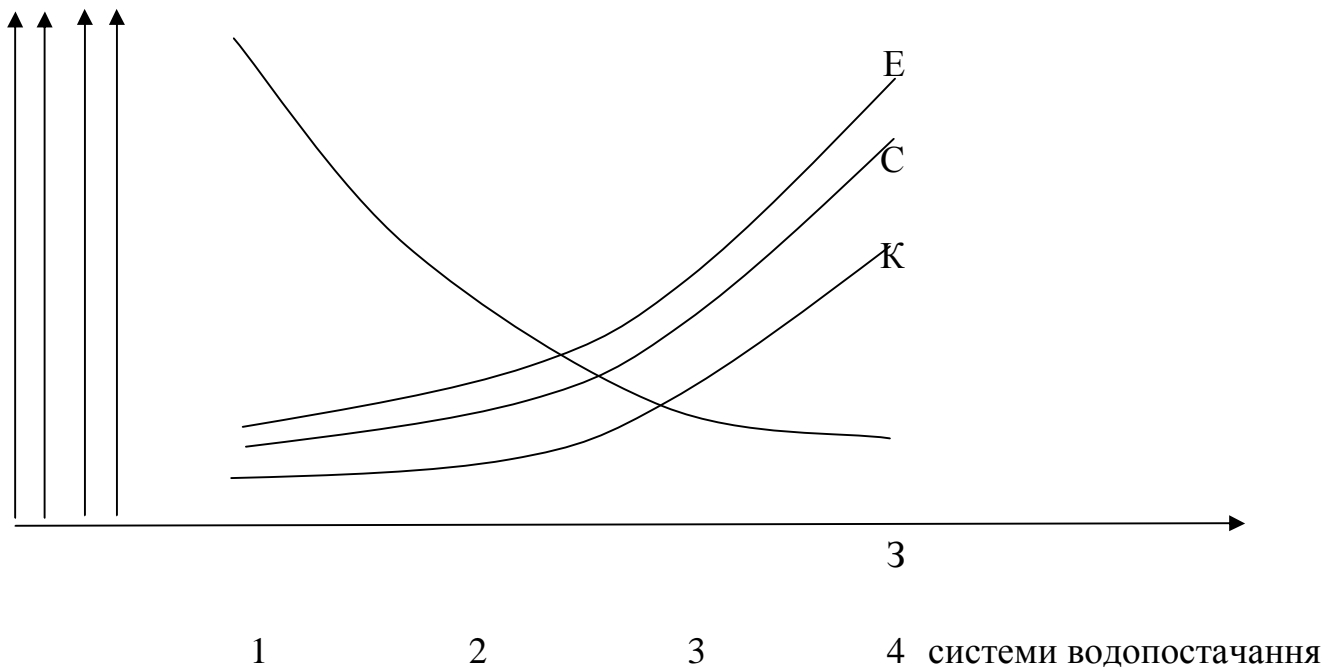


Рис.2.1 Собівартість води (С), капітальні вкладення (К), екологічні збитки (З) і економічний ефект (Е) при використанні 1- 4 систем водопостачання

Згальна схема водопостачання може змінюватись в залежності від конкретних умов. Наприклад, якщо вода не потребує очистки, то із схеми випадають очисні і пов'язані з ними споруди. При розміщенні джерела на більш високих відмітках, ніж об'єкт-користувач, вода зможе подаватися самопливом і немає необхідності у спорудженні насосних станцій. В деяких системах використовується декілька джерел водопостачання, що приводить до збільшення кількості основних споруд.

Контрольні запитання

1. Які принципи класифікації систем водопостачання?
2. Основні споживачі води у місті.
3. Системи водопостачання за кратністю використання води.
4. На підставі чого визначається економічна оцінка системи водопостачання?
5. Як розраховується показник технічної досконалості системи?
6. Як розраховується показник ефективності використання води?
7. Як розраховується показник втрат води в системі водопостачання?
8. Яка з систем водопостачання є економічною?
9. Яка з систем водопостачання є екологічною?
10. Що таке безповоротні втрати води?
11. Як визначаються об'єми вод, що скидаються у прямотечійній та повторній системах водопостачання?

3 СКЛАД СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ

До складу системи водопостачання входять такі гідротехнічні споруди : водозабірні споруди та насосні станції першого підйому, що подають воду до місць її очистки; водоочисні споруди; резервуари чистої води, водонапірні башти та резервуари; насосні стації другого та наступних підйомів, що подають воду в місто або на промислове підприємство; водоводи та водопровідні мережі.

Водозабірні споруди - це гідротехнічні споруди, які призначені для забору води із джерела водопостачання (ріки, озера, водосховища) для потреб водокористувача і грубої її очистки в основному від плаваючих предметів. Крім цього існують водозабори для потреб гідроенергетики, ірригації т.ін. Вони повинні забезпечувати надходження до водоводу води:

- у заданій кількості;
- необхідної якості;
- у відповідності до графіку водокористування.

Споруди для забору води з поверхневих джерел класифікуються за типом джерела (річкові, водосховищні, озерні, морські та ін.). З річкових найбільш поширені – берегові, руслові, плавучі, ківшові. Крім того, вони можуть бути суміщені з насосними станціями першого підйому чи встановлені окремо від них.

Берегові водозабірні споруди, які застосовуються за відносно крутих берегів річки, являють собою бетонний чи залізобетонний колодязь великого діаметра, винесений передньою стінкою у річку. Вода надходить у нього через отвори, захищені ґратами, а потім проходить через сітки, які забезпечують механічну очистку води.

Руслові водозабірні споруди застосовуються, як правило, за пологого берега, мають оголовок, винесений у русло річки. Конструкція оголовків є найрізноманітнішою. З оголовка вода подається по самопливних трубах до берегового колодязя; останній часто суміщається з насосною станцією першого підйому.

Плавучі водозабірні споруди – це понтон чи баржа, на яких встановлюються насоси, що забирають воду безпосередньо з річки. На берег вода подається по трубах (з рухливими стиками), які прокладено на з'єднувальному містку.

У ківшових водозабірних спорудах вода надходить з річки спочатку в розташований біля берега ківш (штучна затока), у кінці якого розміщується власне водозабірна споруда. Сам ківш використовується для осадження наносів, а також для боротьби з льодовими явищами – шугою, глибинним льодом.

Водозабір підземних вод – це гідротехнічна споруда для забору підземних вод і подачі їх у водопровідні та інші водогосподарські системи. Вибір ділянки для закладання водозабору підземних вод зумовлюється

геолого-гідрологічними умовами району, відстанню від місця користування водою та ін. Експлуатація водозаборів здійснюється за допомогою каптажних пристроїв. Залежно від умов і призначення вони поділяються на вертикальні, горизонтальні та каптажі природних виходів – джерел.

Вертикальні водозабори споруджуються за наявності відносно глибокого залягання водоносних горизонтів, як безнапірних, так і напірних вод. Конструктивно вертикальні водозабори поділяються на свердловини (трубчасті колодязі) і шахтні колодязі. Свердловини є найбільш універсальним, технічно більш досконалим типом водозаборів і використовуються для централізованого водопостачання. Вони мають велику продуктивність і найбільш повно відповідають санітарним нормам вимогам. Глибина свердловин досягає 800 м, але більшість з них обладнується на глибину 100-300 м. Стінки свердловини укріплюють колонами обсадних труб, які входять одна в одну і в межах водоносного горизонту закінчуються фільтром з пористого бетону, кераміки, гравію, металевих сіток. Для підйому води зі свердловин використовують занурені насоси. Часто водозабірні свердловини обладнуються водонапірними вежами, які регулюють напір і витрату води у водопровідній мережі. Строк служби свердловин, як правило, становить 10-15 років, інколи до 30.

Насосні станції I, II і інших підйомів служать для підйому води. Станція I підйому за звичай подає воду на очисні споруди, станція II підйому – у водорегулюючий резервуар. Їх необхідність визначається рельєфом місцевості і протяжністю транспортування води. Вони обладнані насосами, як правило, з електричним приводом, регулюючою, попереджувальною та контрольно-вимірювальною апаратурою. Численні насосні станції мають телеуправління та повністю автоматизовані.

Водоочисні споруди служать для обробки природної води з метою забезпечення якості води, яка відповідає вимогам споживача. Якщо вода в джерелі задовольняє вимогам споживача, то необхідність в очисних спорудах відпадає.

Води поверхневих джерел, як правило, не відповідають вимогам господарсько-питного водокористування, тому що мають значну кольоровість, мутність, вміст бактерій. Тому перед подачею її користувачу її висвітлюють (вилучають зависі та колоїдні домішки), усувають кольоровість та знезаражують (вивільняють від хвороботворних бактерій), пом'якшують і т.ін.

Очищена вода подається в резервуари чистої води і далі до об'єктів водопостачання по водоводам та розповсюджується оп території за допомогою водопровідної мережі.

Водоводи забезпечують транспортування води від резервуарів до міста, які за санітарними міркуваннями розташовані, як правило, на віддаленні одне від одного.

Водопровідна мережа – це сукупність водопровідних ліній (трубопроводів) для подачі води до місць водокористування, є основним елементом системи водопостачання.

Водопровідна мережа, що прокладається за межами споруд, називається *зовнішньою*. До лінії водопровідної мережі приєднуються так звані домові ответвления (труби), по яким вода подається в окремі спорудження.

В домах обладнуються *внутрішні водопровідні мережі*.

Для її обладнання використовують *водопровідні труби*. Вибір труб залежить від величини необхідного тиску у водопровідній мережі, характеру ґрунтів, способу прокладки та від економічних факторів. При підземній прокладці найбільш розповсюджені чавунні, асбоцементні та сталеві труби, використовують також залізобетонні та пластмасові. Глибина укладки труб залежить від рівня промерзання ґрунту, температури води та режиму роботи (в Україні біля 1,5-2 м). Максимальна глибина укладки труб обумовлена необхідністю збереження труб від руйнування в результаті транспортних навантажень.

Водопровідні мережі обладнують *запірною арматурою* – заслонками і вентилями для відключення окремих ділянок мережі, водорозбірним обладнанням, пожежними гідрантами, іноді – вуличними водорозбірними колонками. Гідранти і заслонки, як правило, встановлюються в спеціальних збірних або цегляних колодцах, перекритих металевими люками.

За технічними умовами тиск води в водопровідній мережі населених пунктів не повинний перевищувати 6 атм. Для подачі води в багатоповерхові дома додатково обладнують місцеві насосні станції.

Мережа може бути *кільцевою* (складається із окремих сусідніх замкнутих контурів-колець, які можна відключити у випадку аварії) і *розгалуженою (тупиковою)*, в якій при аварії на будь-якій ділянці припиняється подача води у всі ділянки мережі, що знаходиться за пошкодженням. Тому розгалужені мережі можуть обладнуватися тільки в тих випадках, коли допустимі перерви у водокористуванні.

Ширина траси водопровідної мережі повинно бути не менш 40 м по обидві сторони від осі при прокладці водоводів по незабудованій території і 10 м - по забудованій.

У місцях вимушеного перетину водопровідної та каналізаційної мереж в населеному пункті водопровідна проектується вище за каналізаційну. Відстань між ними по вертикалі - не менш 0,4 м.

При паралельній прокладці водопровідних труб на одному рівні з каналізаційними, відстань між трубопроводами повинна бути не менш 1,5 м, якщо діаметр водопровідних труб не більш 200 мм і не менше 3 м, якщо діаметр водопровідних труб більше 200 мм.

При паралельній прокладці водопровідних труб нижче каналізаційних відстань між стінками трубопроводів у фільтруючих ґрунтах повинна бути не

менш 5 м. Неможна допускати прокладку каналізаційних труб вище водопровідних у тих місцях, де можливі просідання і аварії водопровідних мереж при високому рівні ґрунтових вод, прокладки мереж по плавунам, в сейсмічних районах і ін.

Не допускається розташування вигрібних помойних ям і інших подібних об'єктів на відстані меншій за 20 м від водопровідних мереж.

Для регулювання тиск і витрата води, створення її запасу і вирівнювання графіку роботи насосних станцій будують *водонапірні башти і резервуари*.

Водонапірна башта складається із бака для води, як правило, циліндричної форми і опорної конструкції (ствола). Регулююча роль водонапірної башти складається у тому, що під час зменшення водокористування надлишок води, яка подається насосною станцією, накопичується в ній і витрачається під час підвищеного водокористування. Висота водонапірної башти (відстань від поверхні землі до низу бака), як правило, не перевищує 25 м, іноді 30 м; ємність бака – від декількох десятків кубометрів до декількох тисяч. Опорні конструкції виготовляють, в основному, із сталі, залізобетону, іноді із цегли, баки – переважно із залізобетону і сталі.

Водонапірний резервуар, на відміну від водонапірної башти, не має опорної конструкції (ствола), але встановлюється на підвищених місцях місцевості. іноді водонапірні резервуари служать для зберігання пожежного і аварійного запасу води. Зараз найбільш розповсюджені резервуари із залізобетону.

Місткість резервуарів повинна забезпечувати безперебійне водопостачання в години «пик», а також запас води на випадок аварії. Стінки і дно підземних резервуарів повинні бути водоупорними (залізобетоні, цеглові). Дно резервуару повинно знаходитися вище рівня ґрунтових вод. При необхідності його знижують за допомогою дренажу.

Системи централізованого водопостачання населених пунктів за ступенем надійності подачі води розділяють на три категорії в залежності від чисельності населення:

I — більше 50 тис. чоловік,

II — 50—0,5 тис. чоловік,

III — менше 0,5 тис. чоловік.

Для I категорії допускається зниження подачі води до 30 % потрібної витрати тривалістю до 3 діб,

для II категорії — те ж тривалістю до 5 діб,

для III категорії — до 1 місяця (але повне припинення подачі до 1 доби).

Резервуари чистої води є запасними і регулюючими ємностями. Вони практично обов'язкові для будь-якої системи, бо забезпечують вимоги надійності водопостачання. Водонапірні башти служать регулюючими ємностями і для зберігання невеликого протипожежного запасу.

3.1 Джерела водопостачання

Природні джерела водопостачання поділяють на поверхневі (річки, моря, водосховища і озера) і підземні (грунтові, артезіанські, шахтні та інші води). Для водопостачання населених пунктів і більшості промислових підприємств найбільш придатним є підземні (особливо артезіанські і джерельні) слабкомінералізовані води. Для господарсько-питного водопостачання слід також максимально використовувати ресурси підземних вод, які відповідають санітарно-гігієнічним вимогам.

З поверхневих джерел води найбільше використовують річки, які за своїм дебітом, як правило, задовольняють потреби у воді звичайних споживачів. У протилежному випадку виконують зарегулювання їх стоку. Річкам притаманні сезонні коливання видатку і якості води, тому при виборі річки потрібно перевіряти можливість отримання необхідної кількості води в період найменшого її дебіту і в разі можливої зміни обрису русла. В період паводка річкова вода характеризується високою кольоровістю і низькою лужністю, значним вмістом завислих речовин, наявністю різних пестицидів (внаслідок змивання з полів), бактеріальним забрудненням, присмаком і запахом, що погіршує її якість. Зазвичай річкова вода характеризується невеликим вмістом мінеральних солей і малою твердістю (за винятком південних річок). Використання для цілей централізованого водопостачання гірських річок утруднене через різкі коливання не тільки дебіту, а й якості води.

Вода озер характеризується різним ступенем мінералізації, незначною каламутністю, кольоровістю і наявністю солей Феруму в період паводка, а іноді і вмістом планктону. В Україні використовуються також як джерела централізованого водопостачання Дніпровські водосховища, вода яких має не дуже високу каламутність (за винятком прибережної зони, де вона підвищується внаслідок розмивання берегів), значну кольоровість, здатність до окисації (окислюваність), вміст планктону (особливо в теплий період року), низьку мінералізацію, невеликий лужний резерв і малу твердість. Вказані особливості цієї води призводять до відомих труднощів при вирішенні завдань її кондиціонування.

Характерними особливостями підземних вод є сталість їх температури (5-12 °С), відсутність завислих речовин і кольоровості, висока санітарна надійність, значна мінералізація, а також підвищений вміст заліза, фтору, солей твердості, метану, сірководню, іноді радону тощо. Підземні води утворюються в результаті проникнення вглиб землі атмосферних опадів і поверхневих вод різних порід і утворюють водоносні горизонти; в тріщинах і печерах вода утворює підземні потоки. Водоносний горизонт підстиляється водотривким пластом (водотривким ложем).

Відомим резервом для меліорації, технічного та господарсько-питного водопостачання підприємств гірничої промисловості є шахтні води. Це

підземні води, які проникають у відпрацьований під час видобутку корисних копалин підземний простір і проходять крізь водовідливне господарство шахти

Надійність роботи системи водоспоживання, її здатність безперебійно забезпечувати споживача якісною водою у необхідній кількості, склад споруд, які входять в систему і економічна ефективність її роботи залежить від типу джерела водоспоживання. Вибір джерела є одною з найбільш відповідальних задач при проектуванні системи водоспоживання. При виборі джерела водоспоживання необхідно дослідження і вивчення водних ресурсів району, в якому розташований об'єкт. Перш за все необхідно визначити якість води і можливість джерела забезпечити споживача водою у потрібній кількості. *Якість води* – це поєднання хімічного і біологічного складу та фізичних властивостей води, яке зумовлює її придатність для конкретних видів водокористування. Встановлені значення показників якості води (фізичні, хімічні та біологічні) називаються нормами якості води і відповідають певним стандартам.

Якість природної води визначається її температурою, вмістом в ній завислих і розчинених речовин, колірністю, запахами і присмаками. Здатність джерела надійно забезпечити водою споживача визначається його гідрологічною і гідрогеологічною характеристикою. Найбільш активно використовуються у господарській діяльності прісні води, які постійно поновлюються. Значна доля прісних вод (30,1%) приходить на підземні води.

3.2 Вибір схеми водопостачання

Основними факторами, які визначають вибір схеми водопостачання є: кількість спожитої води, якість води на потреби споживачів, якість води в джерелах питної води, тиск води в мережах. Вибір джерела водопостачання в першу чергу залежить від якості води в джерелі і об'єму запасів води, а також від тих вимог, які пред'являють до якості води споживачі. Підземні води, як правило, мають високу якість за каламутністю і кольоровістю, однак часто вміщують велику кількість розведених солей. Якщо запасу підземних вод достатньо, щоб задовольнити всіх споживачів, то звичайно приймають об'єднану систему, яка в цьому випадку найбільш економічно доцільна.

Якщо запаси підземних вод невеликі, а поверхневі води у надлишку, то виникає можливість проектування різних схем:

а) об'єднаної системи з очисткою води для населення і підприємств від поверхневого джерела і водопостачання підприємств без очистки від підземного джерела; б) роздільної системи без очистки води для потреб населення від підземного джерела і з очисткою води для промислових потреб від поверхневого джерела; в) роздільної системи без очистки води від

поверхневого джерела для потреб промисловості і без очистки від підземного джерела для потреб населення.

У південних (аридних і напіваридних) регіонах України велике практичне значення мають групові і районні водопроводи, коли одна система водопостачання (з одного водного джерела) обслуговує кілька об'єктів, іноді різного призначення (населені пункти, промислові підприємства, об'єкти сільського господарства тощо). Таке рішення має значні економічні переваги, тому що експлуатаційна вартість об'єднаного водопроводу нижча, ніж аналогічні витрати на окремі системи для кожного об'єкта.

Контрольні запитання

1. Що входить до складу системи водопостачання?
2. Для чого призначені водоприйомні споруди?
3. Які є водозабірні споруди?
4. Чи визначається необхідність в насосних станціях, чим вони обладнані.
5. Для чого служать водоочисні споруди, за звичай у чому полягає обробка води перед подачею її до споживача?
6. Яка роль водонапірної башти та резервуару?
7. Для чого необхідні водоводи та як будується водопровідна мережа?

4 ЯКІСТЬ ВОДИ ДЛЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ

4.1 Показники якості природних вод

Класифікація природних вод, як і будь-яка інша класифікація, призначена систематизувати знання. Цінність класифікації збільшується, якщо виділені класи (типи) мають кількісну визначенність. Деякі із приведених нижче класифікацій строго відносяться до певного виду водокористування, інші мають у своїй основі ту або іншу характеристику процесу формування природних вод,

Природні джерела водопостачання розділяють на *поверхневі* (ріки, моря, водосховища й озера) і *підземні* (грунтові, артезианські, шахтні і інші води).

Для водопостачання населених пунктів і більшості промислових підприємств найбільш придатними є підземні (особливо артезианські і джерельні) слабкомінералізовані води. Для господарсько-питного водопостачання також використовують ресурси підземних вод, що відповідають санітарно-гігієнічним вимогам.

До **фізичних показників** якості води належать

- температура,
- прозорість або каламутність,
- колірність,
- запах і смак.

Температура води. Залежить в першу чергу від походження вод. Води підземних джерел, на відміну від поверхневих, відрізняються сталістю температури. Оптимальною температурою води, яка використовується для пиття, вважається 7 – 11 °С.

Прозорість і каламутність води. Природні води, особливо поверхневі, рідко бувають прозорими через наявність у них завислих речовин, глини, піску, мулу, органічних решток. В природних водах прозорість визначається за білим диском, що опускається у воду, а в лабораторних умовах – за допомогою читання спеціального шрифту через стовп води, наливої в скляний циліндричний посуд (шрифт Снеллена).

Прозорість тісно пов'язана із каламутністю, тобто з наявністю завислих мінеральних частинок.

При господарсько-питному водопостачанні іноді використовується таке ділення каламутності:

- мала— менш 50 мг/дм³,
- середня — 50—250 мг/дм³,
- підвищена — 250—1000 мг/дм³,
- висока — більш 1000 мг/дм³.

Усувається каламутність шляхом відстоювання і фільтрування води.

Колірність води. Колірність води встановлюється порівнянням із платиново-кобальтовою шкалою; визначається вмістом у воді органічних і неорганічних речовин. Чиста вода, узята в малому об'ємі є прозорою; у товстому шарі має блакитнуватий відтінок. Інші відтінки свідчать про наявність у воді різних розчинених і завислих домішок. Колірність води зумовлено наявністю в ній гумусових речовин, розвитком водоростей („цвітіння” водойм), колоїдними сполуками заліза, а також забарвленими стічними водами. Так, солі заліза офарблюють воду в червоний (іржавий) колір, дрібні часточки піску і глини — у жовтий. Гумусові речовини (продукти розпаду трави, листя, кори і ін.) надають воді кольору від жовтого до коричневого.

За ступенем офарбованості розрізняють наступні градуси колірності води:

Майже позбавлені офарбованості	< 20°
Слабкоофарбовані	20—30°
Середньо офарбовані	40—50°
Інтенсивно офарбовані.....	60—80°
Темно-офарбовані.....	100—200°
Виключно темно-офарбовані	>200°

Оскільки причини, які зумовлюють колірність води, є різноманітними, ефективність усунення колірності значною мірою залежить від встановлення її природи.

Смак і запах води. Чиста вода не має будь-якого смаку або присмаку. Надає їй смаку і присмаку забруднення. Природна вода може мати смак і запах. Схематично виділяють чотири смаки води: солоний, гіркий, солодкий і кислий. Всі інші смакові відчуття кваліфікуються як присмаки (рибний, фенольний, нафтовий, хлорний і т. д.):

- солоний смак воді надають хлориди натрію (NaCl),
- гіркуватий — хлориди магнію (MgCl₂),
- кислий — надлишок кислот,
- солодкуватий — органічні речовини.

Відчутний смак або присмак вода набуває лише за досягнення певної концентрації домішки — наприклад, солей NaCl, MgCl₂, Na₂SO₄ і NaHCO₃ при концентрації 400— 500 мг/дм³, солей CaSO₄ і NaNO₃ при концентрації 100— 200 мг/дм³, сполук заліза — 1—5 мг/дм³. Інтенсивність присмаку також, як і запаху, визначається за шестибальною шкалою (табл. 4.1, 4.2).

Запах води, також як і смак, визначається складом і концентрацією домішок і газів. Запахи бувають двох видів:

- 1) природного походження;
- 2) штучного походження.

Причинами запахів природного походження є хімічний склад домішок води, живі та відмерлі організми, гнилі рослинні рештки, специфічні органічні сполуки. Серед запахів цієї групи виділяють: рибний, трав'янистий, ароматичний, болотний, гнильний, деревний, земляний, непевний. До цієї самої групи належить і сірководневий запах, який викликано наявністю у воді розчиненого сірководню.

Таблиця 4.1. - Шкала інтенсивності запаху і присмаку питної води

Бали	Інтенсивність запаху або присмаку	Характеристика інтенсивності запаху або присмаку
0	Немає	Відсутність відчуття запаху або присмаку
1	дуже слабка	Запах або присмак, що піддається виявленню лише в лабораторії досвідним аналітиком.
2	слабка	Запах або присмак, який не привертає уваги користувача, але піддається виявленню, якщо звернути на нього увагу
3	помітна	Запах або присмак, легко виявляється і дає привід ставитися до воді несхвально
4	виразна	Запах або присмак, привертає увагу і робить воду неприємною для пиття
5	дуже сильна	Запах або присмак настільки сильний, що робить воду непридатною для пиття

Природні запахи описують наступною термінологією (Табл. 4.2).

Запахи штучного походження, зумовлені домішками деяких промислових стічних вод, називають за продукуючими ними речовинами: фенольний, хлорфенольний, нафтовий, смолистый.

Таблиця 4.2. - Шкала оцінки запахів

Символ	Характер запаху	Приблизний рід запаху
А	Ароматичний	Огуречний, квітковий
Б	Болотний	Мулистий
Г	Гнильний	Фікальний, стоковий
Д	Деревинний	Мокрої стружки, кори
З	Земляний	Прілий, свіжозореної землі
П	Плесневий	Затхлий, застійний
Р	Рибний	Риб'ячого жиру, рибний
С	Сірководневий	Тухлих яєць
Т	Трав'яний	Зкошеної трави, сіна
Н	Невизначений	Природного походження, що не підходить до попередні визначення

До *хімічних показників якості води* належать

- активна реакція (рН)
- окислюваність,
- наявність азотних сполук,
- розчинені гази,
- сухий залишок,
- мінералізація,
- жорсткість,
- лужність,
- вміст хлоридів, сульфатів, заліза, марганцю та інших компонентів (специфічні забруднювальні речовини, радіоактивні елементи, важкі метали).

Активна реакція води визначає ступінь кислотності чи лужності води, що у практиці водопідготовки має велике значення; рН дозволяє правильно визначити форму знаходження в природних водах вуглекислих і кремнекислих сполук, відіграє значну роль при обробці води. Для більшості природних вод рН коливається в межах 6,5-8,5 (табл. 4.3)

Таблиця 4.3. – **Класифікація вод за величиною рН**

Тип води	Величина рН
Сильно кислі	<3,0
Кислі	3,0 – 5,0
Слабко кислі	5,0 – 6,5
Нейтральні	6,5 – 7,5
Слабко лужні	7,5 – 8,5
Лужні	8,5 – 9,5
Сильно лужні	>9,5

Більшість поверхневих вод суші мають нейтральну або слабкокислу реакцію (рН = 6,0-8,0). Чітко вираженої кисло реакцією характеризуються болотні води. У дистрофних озерах, бідних поживними солями, рН — 4-6. Напроти, в евтрофних озерах, багатих солями і органікою, рН = 7-10.

Окислюваність води. Серед компонентів природних вод важливу роль відіграють органічні речовини. Через велику кількість визначити їх індивідуально досить важко. Тому, як правило, виконують сумарну оцінку їх вмісту шляхом визначення окислюваності. Величина окислюваності виражається витратою окисника чи еквівалентної кількості кисню на окислення органічних речовин в 1 л води. Найменшою окислюваністю (до 2 мг О/л) характеризуються артезіанські води. Окислюваність річкової води й води водосховищ коливається в межах 2-8 мгО/л. Підвищена окислюваність води може свідчити про забруднення джерела промисловими стічними водами. Що вимагає проведення заходів санітарної охорони.

Азотні сполуки. Азотні сполуки (іони амонію, нітрити і нітратні іони) утворюються у воді головним чином у результаті розкладання сечовини і

білкових сполук, які потрапляють в неї із стічними господарсько-побутовими водами, а також водами содових, коксохімічних, азотно-тукових та інших заводів.

Присутність у поверхневи водах іонів амонію пов'язано як з природними процесами, так і з антропогенним впливом. До природних процесів належать біохімічна деградація білкових речовин, характерна для періоду відмирання фітопланктону. Значна кількість амонію може надходити з поверхневим стоком і атмосферними опадами. Високі концентрації амонію характерні для побутових стічних вод і промстоків підприємств харчової, лісохімічної промисловості. Білкові вещества під дією мікроорганізмів розкладаються, кінцевим продуктом при цьому є аміак. Тому його наявність викликає підозру, щодо забруднення водного об'єкта стічними водами.

За наявністю і кількістю тих чи інших сполук, які містять азот, можна судити про час забруднення води. Підвищений вміст амонійного і нітратного азоту вказує на свіже забруднення води азотними сполуками, відсутність амонійного і нітритного азоту, але наявність нітратного - про давність забруднення.

Небезпека вживання води з підвищеним вмістом нітратів у тому, що нітрати, попадаючи з водою в організм людини, відновлюються мікрофлорою травного тракту і тканинними ферментами до нітритів, токсичність яких значно вища ніж у нітратів, або реагують з амінокислотами, утворюючи канцерогенні сполуки нітрозаміни.

Вживання води з підвищеним вмістом нітратів може викликати метгемоглобін-анемію, яка проявляється у зменшенні кількості червоних кров'яних тілець[3]. Нормальний гемоглобін містить двухвалентне залізо, яке під впливом нітратів окислюється до заліза трьохвалентного. Це блокує здатність гемоглобіну зв'язувати кисень з двухвалентним залізом і транспортувати його з потоком крові.

Важливе значення для якості води має вміст іонів амонію (NH_4^+). Іон амонію з'являється у воді внаслідок розводження в ній аміаку - продукту розкладання органічних азотовміщуючих речовин.

Сухий залишок. Кількість солей, які містяться в природних водах, може бути охарактеризована величиною сухого залишку. Сухий залишок утворюється при випаровуванні певного об'єму води і складається із *мінеральних солей і нелетких органічних сполук*. Органічна частина сухого залишку води визначається величиною втрат при прокалюванні. За величиною сухого залишку природні води поділяються на сім груп (табл.4.4).

Мінералізація. Стосовно будь-якого виду водопостачання перше значення має питання про мінералізацію води і склад головних іонів. Термін «мінералізація» звичайно використовується для поверхневих прісних вод, а термін «солоність» — для солонуватих і солоних водойм.

Таблиця 4.4. - Характеристика природних вод за величиною сухого залишку

Група	Сухий залишок, мг/л
1. Ультра прісні	До 100
2. Прісні	100 – 1000
3. Слабко солоні	1000 – 3000
4. Солоні	3000 – 10000
5. Сильно солоні	10000 – 50000
6. Разсоли	50000 – 300000
7. Ультразсоли	Більше 300000

Відповідно до класифікації О.А.Алехіна поверхневі води суходолу за ступенем мінералізації (мг/дм³) поділяються на групи:

Дуже мала	<100
Мала	100—200
Середня	200—500
Підвищена	500—1000
Висока	>1000

Більшість рік має малу і середню мінералізацію води.

До числа головних іонів, що містяться у природній воді належать:

- гідрокарбонати (HCO₃⁻),
- сульфати (SO₄²⁻),
- хлориди {Cl⁻},
- кальцій (Ca²⁺), магній (Mg²⁺),
- натрій (Na⁺), калій (K⁺).

За їх складом, а точніше, за переважним аніоном, природні води розділяються на три класа

- гідрокарбонатний (до нього належить більша частина слабкомінералізованих вод суходолу),
- хлоридний (характерний для високомінералізованих вод внутрішніх морів, безстічних озер і рік полупустинної і пустинної зони),
- сульфатний (займає проміжне положення).

Кожний клас по переважаючому катіону розділяється на три групи:

- кальцієвую,
- магнієвую,
- натрієвую.

Жорсткість води обумовлюється наявністю в ній іонів кальцію і магнію.

За загальною жорсткістю (ммоль/дм³), тобто сумарному вмісту катіонів кальцію і магнію (Ca²⁺ + Mg²⁺), незалежно від того, з якими аніонами вони зв'язані, природні води розрізняють таким чином:

Дуже м'які	до 1,5
М'які	1,5 – 3,0
Середні	3,0 – 6,0

Жорсткі	6,0 – 10,0
Дуже жорсткі	більш 10,0

Загальна жорсткість поділяється на

— *карбонатну або тимчасову жорсткість*, що обумовлена присутністю гідрокарбонатів кальція і магнія,

— *некарбонатну або постійну жорсткість*, що обумовлена присутністю солей сильних кислот (сульфатів або хлоридів) кальція і магнія.

Присутність у воді великої кількості солей, які обумовлюють жорсткість, робить її негодною для господарсько-побутових потреб і багатьох технологічних процесів. При використанні жорсткої води погано розвиваються овочі, псується вид, смак і якість чаю, перевитрачається мило під час прання. Окрім того, тканини становляться менш еластичними, збільшується ламкість волокна. Використання жорсткої води для живлення парових котлів призведе до різкого погіршення їх роботи і до аварій. М'ягка вода потрібна для цілого ряду інших виробництв (при виготовленні штучного волокна, пластмас, кіноплівки, папіру).

Лужність води. Під загальною лужністю води розуміють суму гідратів і солей слабких кислот (вугільної, фосфорної, кремнієвої, гумінової і т.п.). У відповідності до цього виділяють лужність бікарбонатну, карбонатну, гумінову, гідратну. Із іонів лужних металів у воді найбільш розповсюджені натрій і калій, що надходять до води в результаті розводження корінних порід. Основним джерелом натрію в природних водах є поклади поваренної солі.

Хлориди. З-за великої розводжуваності хлоридних солей (NaCl - 360 г/л, MgCl – 545г/л) іони хлора присутні майже у всіх водах. Велика кількість хлоридів у воді може бути обумовлена вимиванням хлоридних сполук із найближчих шарів, а також зкидами у воду промислових та господарсько-побутових стічних вод. У проточних водоймах кількість хлоридів невелика – 20-30 мг/л. Хлориди, присутні у воді у великій кількості, при контакті з бетоном руйнують його в результаті вилужування із вапна розводжуваного хлорида кальція і гідроксида магнія. Підвищений вміст хлоридів у воді знижує її смакові властивості.

Сульфати часто зустрічаються в природних водах. Надходять вони у воду, головним чином, при розводженні осадкових порід, до складу яких входить гіпс, а також в результаті забруднення промисловими та господарсько-побутовими стічними водами. Води, що містять велику кількість сульфатів, руйнують бетонні конструкції. Це пояснюється утворенням гіпсу в результаті реакції між вапном цементу і сульфатами води, що приводить до збільшення об'єму і виникнення шпарин.

Залізо і марганець за своїм вмістом у воді не перевищують десятих долей міліграма на літр. Хоч навіть у більших кількостях вони не є шкідливими для здоров'я, але своєю присутністю роблять воду непридатною для пиття, промислових та господарських потреб, оскільки при

концентраціях заліза вище 1 мг/л вода набуває неприємного чорнильного або залізистого присмаку. В результаті окиснення бікарбоната двухвалентного заліза киснем повітря утворюється гідроксид заліза, що збільшує каламутність води й підвищує колірність. Наявність у воді заліза і марганцю сприяє розвитку у трубопроводах залізистих і марганцевих бактерій, продукти життєдіяльності яких можуть забивати водопровідні труби.

Розчинені гази. Із розчинених у воді газів найбільш важливими для оцінки її якості є вуглекислота, кисень, сірководень, азот і метан. Вуглекислота, кисень і сірководень при певних умовах надають воді корозійні властивості по відношенню до бетону і металлам.

Токсичні речовини надходять у воду в основному із промисловими стічними водами. До цієї групи можна віднести свинець, цинк, мідь, мишьяк, анілін, цианіди і багато інших. Незважаючи на незнану концентрацію їх у воді (мкг/л), вони можуть наносити значну шкоду здоров'ю людини.

Радіоактивні елементи, що попадають у поверхневі і підземні води, можуть мати природне і штучне походження. Основними ізотопами, які визначають природну радіоактивність вод, є уран – 239, торій -232 і продукти їх розпаду. Штучну радіоактивність, зокрема, після аварії на ЧАЕС в 1986 р., обумовлюють такі ізотопи, як стронцій – 91, цезій-137. Допустимою межею радіоактивності води відкритих водойм за будь-яких суміжах радіоактивних речовин з неідентифікованим ізотопним складом вважаються $3 \cdot 10^{-11}$ Кі/л.

Важкі метали. Важкі метали (As, Cd, Cr, Co, Pb, Mn, Hg, Ni, Se, Ag, Zn) належать до групи мікроелементів, враховуючи їх низькі концентрації в природних водах. В природних водах важкі метали зустрічаються у вигляді завислих речовин, колоїдів, у формі комплексів, утворених гуміновими і іншими органічними кислотами.

Важкі метали входять до складу ферментів, вітамінів, гормонів. Ці сполуки активно впливають на зміни інтенсивності процесів обміну речовин у живих організмах. Саме тому вміст важких металів у воді нормується, що збільшення їх концентрацій може викликати порушення біологічних процесів у живих організмах і привести до їх захворювання, часто хронічним, а то й до загибелі.

Свинець належить до малорозповсюдженим елементам. Значне підвищення вмісту свинцю у довкіллі, в тому числі в поверхневих водах, обумовлено його широким застосуванням у промисловості. Найпотужнішим джерелом забруднення поверхневих вод сполуками свинцю є спалювання вугілля і використання тетраетилсвинцю в моторному паливі, а також стічні води.

Цинк. Основним джерелом надходження цинка в природні води є мінерал сфалерит (ZnS). Майже всі сполуки цинку добре розчиняються у воді. Внаслідок цього на відміну від міді та свинцю цинк розповсюджений у водах. В річкових водах його концентрація коливається від декількох мікрограмів до десятків іноді сотен мікрограмів на літр.

Характерна особливість *міді*, що знаходиться в природних водах – здатність сорбуватися високодисперсними частками ґрунтів і порід. Кількість міді у водах лімітується значеннями рН. Мідь стає нестійкою й випадає в осад вже при рН = 5,3. Тому у водах, які мають нейтральну або близьку до нейтральної реакцію, вміст міді невеликий (1-100 мкг/л). Важливішими джерелами надходження міді вважаються горні породи, стічні води хімічних і металургійних виробництв, шахтні води, різні реагенти, що містять мідь, а також стічні води і поверхневий стік з сільгоспугідь.

Нікель міститься в природних водах в мікрограмових дозах. Важливішим джерелом забруднення нікелем є стічні води цехів нікелювання, збагачувальних фабрик. Великі викиди нікеля відбуваються при спалюванні палива, таким чином щорічно в атмосферу надходить до 70 тис.т нікеля. Переважна частина нікеля переноситься річковими водами у завислому стані.

Дякуючи меншій міграційній здатності і низкому вмісту в горних породах *кобальт* в природних водах виявляється рідше, ніж нікель. Кобальт і його сполуки потрапляють в природні води при вилужуванні мідно-колчеданових руд, екзогенних мінералів і порід, із ґрунтів при розкладанні організмів і рослин й тому подібне. Особливо небезпечним джерелом надходження кобальта є стічні води металургійних, металообробних, нафтопереробних, хімічних виробництв.

Стронцій має низькі концентрації в природних водах, що пояснюється низькою розчинністю його сірчаноокислих сполук, які вважаються основним джерелом надходження стронція. Джерелом стронція в природних водах є горні породи, найбільшу кількість його містять гіпсоносні відклади. Інше, не менш важливе джерело надходження стронція (радіоактивних ізотопів) у наш час антропогенний.

Синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР) – речовини, здатні адсорбуватись на поверхнях розділу фаз і знижувати, внаслідок цього, їх поверхневу енергію (поверхневе натягнення). У водні об'єкти СПАР потрапляють з побутовими та промисловими стічними водами. У поверхневих водах СПАР знаходяться у розчинному і сорбованому станах, а також в поверхневій плівці води. СПАР впливають на фізико-біологічний стан водойми, погіршуючи кисневий режим і органолептичні властивості – смак, запах, і т.ін. й знаходяться в ньому на протязі тривалого часу, оскільки розкладаються повільно.

Феноли в природних водах утворюються в процесах метаболізму водних організмів, при біохімічному окисленні і трансформації органічних речовин. Вони є одним з найрозповсюдніших забруднювальних речовин, що надходять в природні води зі стічними водами нафтопереробних, лісохімічних, коксохімічних, лакофарбових, фармацевтичних і інших виробництв.

Нафтопродукти – суміші газоподібних, рідких і твердих вуглеводнів різних класів, що виробляються із нафти і нафтових супутніх газів.

Нафтопродукти належать до самих розповсюджених і небезпечних речовин, які забруднюють природні води.

Значна кількість нафтопродуктів потрапляє в природні води при перевезенні нафти водним шляхом, зі стічними водами промислових підприємств, особливо нафтовидобувної й нафтопереробної промисловості, з господарсько-побутовими стічними водами.

Пестициди - це хімічні препарати, синтезовані сполуки, що використовуються в сільському господарстві для захисту рослин від хвороб і шкідників з метою збереження врожаю сільськогосподарських культур. Для більшості із них не існує токсикологічного обґрунтування ГДК.

Значну небезпеку для поверхневих і ґрунтових вод складають пестициди, які вносяться у кількостях від 1 до 10 кг/га, добре розчиняються у воді (> 10-50 мг/л) і поволі розкладаються. До таких пестицидів належить група триазинових пестицидів (атразін, симазин, тербутилазин), феноксикарбонові кислоти і їх похідні (бентазон, бромазил, гексазинон).

Поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ) містять дві або декілька з'єднаних між собою ароматичних кільцевих системи.

ПАВ синтезуються під час процесів неповного згорання як супутні продукти і вважаються збудниками ракових захворювань. Природними джерелами ПАВ є лісові пожежі, вулканічна діяльність. Антропогенні джерела – моторна техніка (особливо з дизельними двигунами), коксові батареї, системи опалення мазутом, сигарети.

До біологічних показників якості води належать характеристики вмісту у воді

- *розчинених органічних речовин*
- *мікроорганізмів або бактерій.*

Непрямими показниками концентрації органічних речовин у воді зазвичай служать:

- біохімічне споживання кисню (БСК);
- хімічне споживання кисню (ХСК).

БСК – це та кількість кисню, необхідна мікроорганізмам для засвоєння органічних речовин, що знаходяться у воді. Цей показник характеризує тільки легкоокисляему частину органічних речовин, яка частково мінералізується мікроорганізмами, а частково засвоюється ними. Засвоєння органічних речовин відбувається певний час, тому виділяють біохімічне споживання кисню за 5 і 20 діб (БСК₅ і БСК₂₀). БСК₂₀ утотожнюється з повним БСК (БСК₂₀ ~ БСК_{повн}).

ХСК – це кількість кисню, необхідне для повного окиснення всіх органічних речовин, присутніх у воді (за умов утворення CO₂, H₂O, SO₂).

По вмісту органічних речовин (мгО/дм³), що характеризується БСК, природні води класифікуються таким чином:

Дуже мале	<2
Мале	2-5

Середнє	5-10
Підвищене	10-20
Високе	20-30
Дуже високе	>30

Відомо декілька тисяч видів бактерій: всі вони поділяються на два великих класа — сапрофітні (нешкідливі для людини, іноді навіть корисні) і патогенні (хвороботворні). Виділити патогенні бактерії із всієї маси мікроорганізмів досить складно, тому при оцінці якості води обмежуються — мікробним числом (загальна чисельність бактерій в 1 см³ води)
— колі-індексом (кількістю кишкових паличок в 1 дм³ води)
— колі-титр (об'єм води в 1 см³, що приходиться на одну кишкову паличку).

Залежність між ними: колі-індекс = 1000/колі-титр.

Санітарний стан природних вод господарсько-питного водопостачання за мікробни числом наданий в таблиці 4.5.

Лабораторно-виробничий контроль якості води в місяцях водозабору проводять в межах вимог стандарту 2874-82 „Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством». Перелік вимог може додатково погоджуватись з органами санітарно-епідеміологічної служби з урахуванням місцевих природних і санітарних умов.

Таблиця 4.5.- Санітарний стан природних вод господарсько-питного водопостачання за мікробни числом

Стан води	Мікробне число
Надзвичайно чиста (дуже здорова)	0 - 10
Дуже чиста (здорова)	10 - 100
Чиста (задовільна)	100 - 1000
Посередня (сомнівна)	1000 - 10000
Нечиста (нездорова)	10000 - 100000
Брудна (абсолютно нездорова)	>1000000

На водопроводах і підземним джерелом водопостачання аналіз води на протязі першого року експлуатації проводять не рідше чотирьох разів (по сезонах року), в подальшому не рідше одного разу на рік у найбільш несприятливий період по результатам спостережень першого року.

На водопроводах з поверхневим джерелом водопостачання аналіз води в місяцях водозабору проводять не рідше одного разу на місяць.

4.2 Вимоги до джерела водопостачання і його вибір

Із джерел водопостачання, які є в наявності, вибирають лише ті, для яких можливо організація зони санітарної охорони і дотримання відповідного режиму в межах її поясів.

Навколо кожного водозабору централізованого господарсько-питного водопостачання створюється зона санітарної охорони, включаючи два або навіть три пояси.

Для водозаборів із поверхневих джерел *перший пояс* — це пояс строгого режиму. Розміри поясу:

- Вгору за течією не менш як 200 м,
- вниз за течією ріки і перпендикулярно до берега по суходолу не менш 100 м,
- перпендикулярно берегу по воді вся ріка і смуга суходолу уздовж протилежного берега 50 м, якщо ширина ріки у водопілля менш 100 м, або 100 м, якщо ширина ріки у водопілля більш 100 м.

В межах 1-го поясу зони санітарної охорони не дозволяється постійне проживання людей, всі види будівництва, випасання і водопій худоби, купання людей. Поверхневий стік відводиться за межі поясу; по зовнішньому контуру закладаються зелені насадження.

Другий пояс охоплює ту територію, поверхневий стік з якої помітно впливає на якість води в місці водозабору.

Для середніх і великих рік звичайно ширина поясу 50—60 км, для малих річок — весь водозбір, для озер і водосховищ 3—4 км від берега.

В межах 2-го поясу вводяться обмеження на господарське використання землі, зокрема, не дозволяється розпилення добрив і пестицидів з літака, складування відходів комунального господарства.

Иноді виділяється ще *третій пояс*: його верхньою межею слугує ізохрона добігання 3—5 діб. При середній швидкості течії— 0,4 м/с (або 35 км/діб), це відповідає відстані 100—170 км, або площі водозбору 2000—5000 км².

Для водозаборів із підземних джерел межі *першого поясу* санітарної охорони встановлюються на відстані 30 м від свердловини при використанні незахищених підземних вод і 50 м—недостатньо захищених. Тут вводяться ті ж обмеження, що й для водозаборів із поверхневих джерел.

Другий пояс — обмеженого користування. Зовнішній межа його намічається таким чином, щоб час руху патогенних мікроорганізмів по водоносному пласту до водозабору дорівнював 200 діб для міжпластових вод і 400 діб для ґрунтових вод. Якщо прийняти характерну для мілкопіщаних ґрунтів швидкість течії підземних вод 10 м/діб, то це відповідатиме відстані 2—4 км. За указанного часу руху патогенні мікроорганізми повністю відмирають. В межах другого поясу здійснюються такі попереджувальні заходи, як засипання колодців, що не

використовуються, тампування непрацюючих свердловин, благоустрій населених пунктів і ін.

В окремих випадках виділяється *третій пояс* санітарної охорони, якщо є небезпека забруднення підземних вод гостро токсичними відходами промислового виробництва .

Особової турботи потребують водосховища, спеціально створювані як джерела господарсько-питного водопостачання. Їх краще розташовувати в районах з негустим населенням. Рекреаційне використання подібних водосховищ суворо регламентується. По берегам створюються лісозахисні смуги.

Найкращим джерелом господарсько-питного водопостачання є міжпластові артезианські води. Вони перекриті водонепроникними породами, що захищає їх від прямого потрапляння забруднювальних речовин. Їх температура і хімічний склад схильні незначним коливанням, мутність невелика, бактерії майже відсутні. Все це сприятливо для людини і зводить до мінімуму витрати на водопідготовку.

За артезианськими водами за ступенем переваги йдуть глибокі ґрунтові води, потім води рік, стічних озер і водосховищ, нарешті, води безстічних озер. Води озер і водосховищ, як правило, містять більше органічних речовин, ніж річкові води. Окрім того, багато безстічних озер мають високу мінералізацію води.

В залежності від якості води і необхідного ступеня обробки для доведення її до показників Держстандарту **підземні водні об'єкти**, придатні для господарсько-питного водопостачання, розділяють на три класи.

Підземні джерела водопостачання, вода в яких за всім показниками задовольняє вимогам Держстандарту 2874-82, відносяться до **1-ого класу**.

Вода із джерел **2-го класу** має відхилення за окремими показниками від вимог Держстандарту 2874-82, які повинні бути усунені аеруванням, фільтруванням, знезараженням.

До **3-го класу** належать джерела, для доведення якості води яких до вимог Держстандарту 2874-82, окрім методів обробки, передбачених для води із джерел 2-го класу, застосовують додаткові методи (фільтрування з попереднім отстоюванням, використанням реагентів і т.д.).

В таблиці 4.6 наведені показники якості води підземних джерел водопостачання.

Таблиця 4.6.- Показники якості води підземних джерел водопостачання

Назва показника	Показники якості води підземних джерел за класами, не більш		
	1	2	3

Сухий залишок, мг/дм ³	1000(1500)	1000(1500)	1000(1500)
Хлориди, мг/дм ³	350	350	350
Сульфати, мг/дм ³	500	500	500
Жорсткість загальна, мг-екв /дм ³	7(10)	7(10)	7(10)
Мутність, мг/дм ³	1,5	1,5	10
Кольоровість, градуси	20	20	50
Водневий показник (рН)	6-9	6-9	6-9
Fe, мг/дм ³	0,3	10	20,0
Mn, мг/дм ³	0,1	1	2
H ₂ S, мг/дм ³	отс	3	10
F, мг/дм ³	1,5-0,7	1,5-0,7	5
Окислюваність, мгО ₂ /дм ³	2	5	15
Колі-індекс, шт/дм ³	3	100	1000

Поверхневі джерела водопостачання також поділяються на три класи.

Щоб отримати воду, що відповідає Держстандарту, воду із джерел **1-го класу** піддють знезараженню, фільтруванню з коагулюванням або без нього.

Воду із джерел **2-го класу** слід коагулювати, отстоювати, фільтрувати і знезаражувати, а при наявності фітопланктону — мікрофільтрувати.

Вода із джерел **3-го класу**, окрім обробки, передбаченої для води із джерел 2-го класу для доведення до вимог Держстандарту, підлягає додатковому освітленню; застосовуються окислювальні, сорбційні, а також більш ефективні методи знезараження.

В таблиці 4.7 наведені показники якості води поверхневих джерел водопостачання.

Таблиця 4.7.- Показники якості води поверхневих джерел водопостачання

Назва показника	Показники якості води підземних джерел за класами, не більш		
	1	2	3

Сухий залишок, мг/ дм ³	1000(1500)	1000(1500)	1000(1500)
Хлориди, мг/дм ³	350	350	350
Сульфати, мг/дм ³	500	500	500
Жорсткість загальна, мг-екв/дм ³	7(10)	7(10)	7(10)
Мутність, мг/дм ³	20	1500	10000
Кольоровість, градуси	35	120	200
Запах при 20 і 60°С, бали	2	3	4
Водневий показник (рН)	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5
Fe, мг/дм ³	1	3	5
Mn, мг/дм ³	0,1	1	2
Фітопланктон, мг/дм ³	1	5	50
Фітопланктон, кліт./см ³	1000	10000	100 000
Окислюваність, мгО ₂ /дм ³	7	15	20
БСКполн, мг/дм ³	3	5	7
Колі-індекс	1000	10000	50 000

Питання про вибір джерела водопостачання вирішується в кожному випадку індивідуально. За техніко-економічними показниками забір води в розмірі 80—100 тис.м³/діб і більше переважно здійснювати з поверхневих джерел. Раціонально, щоб водоемні підприємства (металургійні, целюлозно-паперові, нафтохімічні і т. д.) забирали воду безпосередньо із поверхневих джерел. Мало водоемні підприємства (електротехнічні, будівельні, парфюмерні і ін.) можуть користуватися водою із міських водопроводів.

Із-за надзвичайної цінності артезианські води повинні розглядатися як стратегічний резерв і витратитися дуже економно. Сюди входять такі заходи, як закриття наглухо свердловин пробками, убладження кранів, спрямування води в спеціальні басейни, оберігання від забруднення області живлення і пр.

Необхідно рахуватися із тим, що в місці інтенсивного відбору підземних вод утворюється депресійна воронка з центром в місці відкачки. Зпершу спрацьовують вікові запаси, і рівень підземних вод знижується повільно. Потім темп зниження збільшується. Одночасно збільшується площа воронки. З часом встановлюється рівновага між притоком підземних вод до периферії воронки і поповненням за рахунок інфільтрації талих і дощових вод, з одної сторони, і відкачкою — з іншою. Пониження рівня води в центрі воронки може сягати багатьох десятків метрів (наприклад, в районі м.Старий Оскол 93 м). Для стаціонарних умов, чим більше відбір, тим глибше воронка і більша її площа. При близькому до поверхні заляганні водоносних горизонтів і безпосередній взаємодії поверхневих і підземних вод депресійна воронка не отримує великого розвитку. Радіус її не перевищує 20—25 км. При глибокому ж заляганні водоносних горизонтів, коли зв'язок поверхневих і підземних вод утруднений, радіус воронки може нараховувати багато десятків і навіть сотень кілометрів. Одна з найбільших за площею депресійних воронок (біля 5000 км²) утворилась в районі Москви.

Негативні наслідки утворення депресійної воронки підземних вод доволі різні. Осідає місцевість, наслідок чого ушкоджуються будівлі, дороги, трубопроводи і т. д. Висихають колодці й джерела. Зменшується водність рік, в основному малих, у меженний період. Через «вікна» в руслах рік в підземні горизонти проникають забруднені поверхневі води. Ситуація складається особливо неблагополучно, коли зі дна рік вычерпується пісок і гравій для потреб будівництва. Людина при цьому сама створює додаткові «вікна». В приморських районах надмірна відкачка підземних вод нерідко супроводжується інтрузією солоних морських вод. Саме так відбулось на Балтійському узбережжі в районі Лієпаї, Таллінну та Клайпеди. Надмірне пониження рівня ґрунтових вод може привести до усихання лісів, в першу чергу, в річкових заплавах і на підзаплавних терасах. Подібне явище спостерігалось уздовж Сіверського Донця, Сейму, Дністра і інших рік.

У безводних районах іноді використовують опріснення сильно мінералізованих підземних або морських вод за допомогою дистиляції, гіперфільтрації, виморожування і пр. При цьому вартість підготовки такої води в 7—10 разів більше, ніж річкової. Витрати різко збільшуються, якщо вихідна вода має велику жорсткість і збагачена сульфатами.

4.3 Характеристика вод за видами їх використання

Вода використовується для питних, господарсько-побутових цілей промислового виробництва, транспорту та сільського господарства.

Основним показником, що визначає придатність води для різних цілей є склад і концентрація в ній домішок. Особливі вимоги пред'являються до питних вод, оскільки від цього залежить здоров'є людей.

Якість води, яка використовується в промисловості, значною мірою визначає ефективність роботи підприємств, собівартість продукції. Широкий розвиток хімічної промисловості потребує значного удосконалення і розширення діапазона методів підготовки води, оскільки хімічні виробництва пред'являють специфічні, іноді дуже суворі вимоги до якості води.

В залежності від цільового призначення води виділяють такі системи водопостачання:

- 1) господарсько-питні, що забезпечують також харчову промисловість;
- 2) виробничі або технічні (для технологічних процесів виробництва, охолодження пароагрегатів, рідких і газоподібних продуктів у холодильниках і конденсаторах).
- 3) сільськогосподарські;

Господарсько-питні води. Фізіологічна потреба людини у воді, тобто кількість води, спожита організмом з їжею та питвом, невелика — від 2,0—2,5 л/добу в умовах холодного клімату до 3,5—5,0 л/добу в умовах

жаркого клімату. Основна маса води витрачається на різні господарські потреби — приготування їжі, прання білизни, купання у ваннах, змивання випорожнень в туалетах і т.д.

У сучасних містах приблизно 60 % всієї води йде на задоволення особистих потреб людей, 30 % витрачається на комунальних підприємствах і ще 10 % — на підтримку чистоти і пожежогасіння. Вважається, що в системах господарсько-питного водопостачання міста в середньому 15—20% втрачається безповоротно, хоча відомі випадки втрат до 30—35 %. Це служить однією з причин підтоплення деяких міст, а також підвищеного підземного живлення невеликих річок.

Для питної води оптимальною вважається температура від 8 до 15°C. Вода з вищою температурою не надає освіжаючої дії на організм людини і погано угамовує спрагу. Вода з нижчою температурою може послужити причиною простудних захворювань (ангіна, грип, бронхіт і ін.). Вода повинна бути прозорою (прозорою воду вважають, якщо через її шар в 30 см чітко читається шрифт Снелена). Каламутність води не повинна перевищувати 1,5 мг/л, що відповідає прозорості 30 см.

Гази, що містяться у воді, разом з солями і органікою впливають на її смак і запах. При цьому кисень (O_2) і вуглекислий газ (CO_2) навіть в значних кількостях не погіршують якість питної води, але підсилюють корозію металевих труб, казанів, резервуарів і т.д. Питна вода не повинна містити сірководень (H_2S) і метан (CH_4), що додають їй неприємного запаху і смаку.

Головні вимоги – це нешкідливість та безпека для здоров'я населення, добрі органолептичні властивості і придатність для господарсько-побутових потреб. Смакові якості води визначають перш за все кількістю та якістю розведених у ній солей.

Норми якості, яким повинна відповідати питна вода установлені стандартом 2874-82 „Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль качества”. Він розроблений ще в 1982 р. і діє в Україні до цього часу разом із ДСанПН 1996 р.. Якщо вода не відповідає вимогам, її обробляють та доводять до норми, що встановлена. Основні вимоги до якості питної води передбачають визначення майже 40 показників.

За мікробіологічним показникам питна вода повинна відповідати таким умовам:

№	Назва показника	Норматив
1	загальна кількість бактерій в 1 мл води (мікробне число)	не більше 100 колоній
2	кількість бактерій кишкових паличок у 1 л води (колі-індекс)	не більше 3

У грудні 1996 р. затверджений СанПіН «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання».

Гігієнічні вимоги цього СанПіНа включають:

- безпека в епідеміологічному відношенні;
- нешкідливість хімічного складу;
- сприятливі органолептичні властивості;
- радіаційну безпеку.

Безпека питної води в епідеміологічному відношенні визначається показниками, які з достатньо високою мірою достовірності характеризують відсутність в ній небезпечних для здоров'я споживачів бактерій, вірусів і інших біологічних включень. Ці показники діляться на дві групи:

- мікробіологічні показники,
- паразитологічні показники (клітки, цисти – лямблій, криптоспоридій, а у разі складної епідеміологічної ситуації – дизентерійних амеб, хламідій. Окрім цього – личинки, яйця гельмінтів) (Табл. 4.8-9).

Таблиця 4.8. - Мікробіологічні показники безпечності питної води

№	Назва показників	Одиниці вимірювання	Норматив
1	Число бактерій в 1 см ³ води (загальне мікробне число)	колонієутворюючі одиниці (мікроорганізми)/см ³ ; КОЕ/см ³	не більше 100
2	Число бактерій групи кишкових паличок в 1 дм ³ води (колі-формних мікроорганізмів) (індекс БГКП)	колонієобразующие единицы (микроорганизмы)/дм ³ ; КОЕ/дм ³	не більше 3
3	Число термостабільних кишкових паличок (фікальних колі-форм – індекс ФК) в 100 см ³ води	колонієутворюючі одиниці (мікроорганізми)/100см ³ ; КОЕ/100см ³	відсутність
4	Число патогених мікроорганізмів в 1 дм ³ води	колонієутворюючі одиниці (мікроорганізми)/дм ³ ; КОЕ/дм ³	відсутність
5	Число колі-фагів в 1дм ³ води	Бляшкоутворюючі одиниці/дм ³ ; БОЕ/дм ³	відсутність

Таблиця 4.9 - Паразитологічні показники безпечності питної води

№	Назва показників	Одиниці вимірювання	Норматив
1	Число патогених кишкових простих в 25 дм ³ води	(клітини, цисти)/25дм ³	відсутність
2	Число кишкових гельмінтів в 25дм ³ води	(клітини, яйця,	відсутність

		личинки)/25дм3	
--	--	----------------	--

За стандартом 2874-82 „Вода питна” концентрації хімічних речовин, які зустрічаються в природних водах або додаються у воду при її обробці не повинні перевищувати стандартних нормативів, приведені табл. 4.10.

Таблиця 4.10 - Нормативи концентрацій деяких хімічних речовин в питній воді

Назва показника	Норматив
Алюміній залишковий (Al), мг/л, не більше	0,5
Берилій (Be), мг/л, не більше	0,0002
Молібден (Mo), мг/л, не більше	0,25
Арсен (As), мг/л, не більше	0,05
Нітрати (NO ₃ -), мг/л, не більше	45,0
Поліакриламід залишковий, мг/л, не більше	2,0
Свинець (Pb), мг/л, не більше	0,03
Селен (Se), мг/л, не більше	0,001
Стронцій (Sr), мг/л, не більше	7,0
Фтор (F), мг/л, не більше для кліматичних району I і II	1,5
	III
	1,2

Продовження таблиці 4.10

Назва показника	Норматив
	IV
	0,7
Водоневий показник, рН	6,0 – 9,0
Залізо (Fe), мг/л, не більше	0,3
Марганець (Mn), мг/л, не більше	0,1
Жорсткість загальна, ммоль/л	7,0
Мідь (Ca ²⁺), мг/л, не більше	1,0
Поліфосфати залишкові (PO ₄ ³⁻), мг/л, не більше	3,5
Сульфати (SO ₄ ²⁻), мг/л, не більше	500
Сухой остаток, Хлориди (Cl ⁻), мг/л, не более	1000
Хлориди (Cl ⁻), мг/л, не більше	350
Цинк (Zn), мг/л, не більше	5,0

За СанПіНом 1996 р. “Вода питна” безпека хімічного складу питної води визначається показниками, які з достатньо високою достовірністю характеризують відсутність в ній небезпечних для здоров'я речовин (компонентів), які зустрічаються в природних водах, з'являються у воді унаслідок забруднення вододжерел або в процесі водообробки в концентраціях, гранично допустимі значення яких встановлені результатами санітарно-токсикологічних досліджень (Табл.. 4.11).

Таблиця 4.11.- Токсикологічні показники нешкідливості хімічного складу питної води

№	Назва показників	Од.вим.	Норматив,	Клас
---	------------------	---------	-----------	------

			не більше	небезпеки
Неорганічні компоненти				
1	Алюміній	мг/дм ³	0,2 (0,5)	2
2	Барій	мг/дм ³	0,1	2
3	Мишьяк	мг/дм ³	0,01	2
4	Селен	мг/дм ³	0,01	2
5	Свинець	мг/дм ³	0,01	2
6	Нікель	мг/дм ³	0,1	3
7	Нітрати	мг/дм ³	45,0	3
8	Фтор	мг/дм ³	1,5	3
Органічні компоненти				
1	Тригалогенметани (ТГМ, сума)	мг/дм ³	0,1	2
	хлороформ	мг/дм ³	0,06	2
	дибромхлорметан	мг/дм ³	0,01	2
	тетрахлорвуглець	мг/дм ³	0,002	2
2	Пестициди (сума)	мг/дм ³	0,0001	
Інтегральні показники				
1	Окислюваність (KMnO ₄)	мг/дм ³	4,0	-
2	Загальний органічний вуглець	мг/дм ³	3,90	-

Крім того, вода не повинна містити інших токсичних компонентів (ртуть, талій, нітрит, ціаніди, хром (+6), 1,1-дихлоретилен, 1,2-дихлоретан, бенз(а) пирен) в концентраціях, які визначаються стандартними методами дослідження.

За стандартом 2874-82 „Вода питна” органолептичні властивості води повинні відповідати стандартним вимогам, приведеним табл. 4.12.

Таблиця 4.12.- Вимоги до органолептичних властивостей питної води

Назва показника	Норматив
Запах при 20°C і при нагріванні до 60°C, бали не більше	2
Смак і присмак при 20°C, бали не більше	2
Кольоровість, градуси не більше	20
Мутність за стандартною шкалою, мг/л не більше	1,5

Вміст солей групи важких металів, радіоактивних елементів, інших шкідливих речовин, які не згадані вище, повинні відповідати нормам, встановленим Міністерством охорони здоров'я, а за відсутності офіційних норм визначається їм у кожному окремому випадку.

У СанПіНі 1996 р. “Вода питна” наголошується, що приємні органолептичні властивості питної води визначаються сукупністю значень органолептичних показників якості і фізико-хімічних характеристик води,

що регламентуються (за вмістом у воді компонентів, що впливають на органолептичні показники) (Табл. 4.13).

Окрім перерахованих показників у СанПіНі 1996 г “Вода питна” є вимоги до питної води по радіаційній безпеці і показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води (Табл. 4.13, 4.14).

Стандарти якості стосовно питної води за окремими значеннями показників відрізняються (Табл. 4.16)

Вимоги до питної води з місцевих джерел водопостачання передбачені "Санітарними правилами обладнання і утримання колодязів і каптажів джерел, використовуваних для децентралізованого господарсько-питного водопостачання" (М.,1975), відповідно до яких вода колодязів і каптажів, використовувана для пиття, повинна бути:

- прозорою (прозорою воду вважають, якщо через її шар в 30 см чітко читається шрифт Снелена,
- каламутність води 1,5 мг/л відповідає прозорості 30 см. безбарвною (не більше 30° кольоровості, без смаку і запаху (при 20°С не більше 2-3 балів),
- вміст нітратів не повинен перевищувати 10 мг/л,
- вміст кишкових паличок в 1 л не повинен перевищувати 10 (колі-титр не менше 100).

Таблиця 4.13. - Органолептичні показник якості питної води

№	Найменування показників	Од.вим.	Нормати в, не більше	Клас небезп еки
1	Запах	ПР (показник розводження – до зникнення запаху, присмаку)	2	-
2	Каламутність	НОМ (нефелометричні одиниці мутності)	0,5 (1,5)	-
3	Кольоровість	град	20 (35)	-
4	Присмак	ПР	2	-
5	рН	одиниці	6,5-8,5	-
6	Мінералізація загальна (сухий залишок)	мг/дм ³	1000 (1500)	-
7	Жорсткість загальна	мгекв/дм ³	7 (10)	-
8	Сульфати	мг/дм ³	250 (500)	4
9	Хлориди	мг/дм ³	250 (350)	4
10	Мідь	мг/дм ³	1,0	3

11	Марганець	мг/дм ³	0,1	3
12	Залізо	мг/дм ³	0,3	3
13	Хлорфеноли	мг/дм ³	0,0003	4

Таблиця 4.14. - Показники радіаційної безпеки питної води

№	Найменування показників	Од.вим	Норматив, не більше
1	Загальна об'ємна активність альфа-випромінювачів	Бк/дм ³	0,1
2	Загальна об'ємна активність альфа-випромінювачів	Бк/дм ³	1,0

Таблиця 4.15. - Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води

№	Найменування показників	Од.вим	Рекомендовані значення
1	Мінералізація загальна	мг/дм ³	не менш 100,0 не більше 1000,0
2	Жорсткість загальна	мгекв/дм ³	не менш 1,5 не більше 7,0
3	Лужність загальна	мгекв/дм ³	не менш 0,5 не більше 6,5
4	Магній	мг/дм ³	не менш 10,0 не більше 80,0
5	Фтор	мг/дм ³	не менш 0,7 не більше 1,5

Таблиця 4.16. - Порівняльна таблиця стандартів якості питної води різних країн за деякими компонентами, мг/л

Речовина	Стандарти питної води			
	Стандарт 2874-82	Міжнародні ВООЗ	Європейські	США
Берилій	0,0002	-	-	-
Свинець	0,1	0,05	0,1	0,05

Молибден	0,5	-	-	-
Арсен	0,05	0,05	0,2	0,05
Селен	0,001	0,01	0,05	0,01
Цианіди	-	0,2	0,01	0,2
Фтор	0,7 - 1,5	1,0 - 1,5	1,5	0,7 - 1,7
Нітрати	45,0	45,0	50,0	45,0
Мідь	1,0	1,5	3,0	1,0
Цинк	5,0	15,0	5,0	5,0
Залізо	0,3	1,0	0,1	0,3
Хлориди	350,0	600,0	350,0	250,0
Сульфати	500,0	400,0	250,0	250,0
Мінералізація	1000,0	1500,0	-	500,0

Вода для постачання промисловості. Вода в промисловості використовується в самих різних цілях: охолодження, промивання, зволоження, гідротранспорт, пароутворення, робоче середовище, виготовлення продукції і ін. При вирішенні задачі водопостачання промислового підприємства вирішуються такі питання:

- вимоги до кількості і якості природної води, що забирається;
- вибір джерела водопостачання;
- вибір системи водопостачання;
- оцінка кількості і якості відпрацьованої або стічної води;
- технологія і ступінь очистки стічних вод;
- доцільність і технологія вилучення і утилізації цінних речовин, що містяться в стічній воді.

За кількістю використовуваної води перше місце займає процес охолодження печей і апаратури. Багато води витрачається на підприємствах целюлозно-паперової промисловості, на шерстеобробних і текстильних фабриках. Гідротранспорт широко практикується на ТЕС для шлако- і золовидалень, на збагачувальних фабриках для переміщення породи і т.д.

Для промисловості характерно рівномірне споживання води впродовж року.

Питоме водоспоживання, тобто водоспоживання на одиницю промислової продукції, що випускається, залежить від багатьох причин:

- виду і технології виробництва,
- схеми водопостачання,
- технічного стану системи і ін.

Приблизні значення питомого водоспоживання свіжої води для деяких видів найбільш водоемних виробництв при оборотній і послідовній системах водопостачання дані в таблиці 4.16.

Вимоги до якості води з боку промислових виробництв дуже різняться.

Мінімальні вимоги пред'являються, коли вода використовується для гідротранспорту і охолодження.

Найбільш **жорсткі вимоги** в харчовій промисловості і коли вода, як технологічна сировина, входить до складу продукції, що виготовляється.

В цілому промислове виробництво понад усе чутливе до **мінералізації, каламутності і жорсткості води**. З ними пов'язане відкладення солей на стінках труб і котлів, засмічення апаратури, корозія сталі, бетону і інших матеріалів.

Технічна вода для паросилових установок повинна мати якомога меншу **жорсткість**. Присутність у воді солей кальцію і магнію служить причиною утворення накипу на стінках котлів і радіаторів. Суть явища полягає в тому, що при нагріванні води до кипіння випаровується вуглекислий газ CO_2 , порушується карбонатна рівновага, і карбонати кальцію і магнію випадають в осад. Оскільки накип володіє низькою теплопровідністю, то зростає витрата палива, під шаром накипу перегрівается метал, виникають здуття і тріщини, можливі аварії. Так, накип на стінках казанів всього в 1 мм збільшує витрату палива на 1,5—2 %.

Таблиця 4.16. - Питоме водоспоживання і водовідведення на одиницю продукції (м^3)

Вид продукції	Одиниця виміру	Забір свіжої води із джерела	Безповоротне водоспоживання	Скид стічних вод
Видобувна промисловість				
Видобуток залізної руди	1 т	0,3	0,15	0,15
Видобуток вугілля в шахтах	1 т	0,5	0,2	0,3
Видобуток нафти	1 т	3,6	3,2	0,4
Видобуток газу	1000 м^3	15	12	3
Теплоенергетика				
Ел.-енергія на ТЕС	1 МВт*г	6,0	1,4	4,6
Ел.-енергія на АЕС	1 МВт*г	9,2	3,0	6,2
Нафтопереробна промисловість				
Продукція НПЗ паливного профіля	1 т нафти	0,6	0,4	0,2
Будівна промисловість				
Збірний залізобетон	1 м^3	2,0	1,1	0,9
Цегла силікатна	1000 шт	1,6	0,6	1,0
Харчова промисловість				
М'ясо	1 т	27	3,0	24,0
Ковбаси	1 т	15,5	2,9	12,6
Молочні продукти	1 т	6	1	5
Консерви рибні	1 т банок	31,6	0,4	31,2

Загальна жорсткість води підрозділяється на усувну, або тимчасову (тобто що видаляється при кип'яченні) і постійну, або неусувну (залишається після кип'ячення). Залежно від конструкції котлів і від тиску пари допустима загальна жорсткість від 2 до 7 ммоль/дм³. При необхідності проводиться попереднє зм'якшування води шляхом, наприклад, додавання содово-вапняного розчину.

Щоб уникнути засмічення теплообмінних апаратів **каламутність води** не повинна перевищувати 50—100 мг/дм³.

Перенасиченість води **киснем і вуглекислим газом, мале значення рН, а головне, значна концентрація хлоридів і сульфатів** сприяє корозії металу. Наприклад, між концентрацією хлора (Cl⁻) і інтенсивністю процесу корозії маловуглеродистої сталі (U) при температурі води 40°C існує залежність:

U г/(м ² *год)	50	150	500	2500
Cl ⁻ , г/дм ³	0,7	0,9	1,0	1,3

Аналогічне співвідношення між концентрацією сульфатів (SO₄²⁻) і інтенсивністю корозії (U):

U г/(м ² *год)	50	150	500	2500
SO ₄ ²⁻ , г/дм ³	0,9	1,4	1,7	1,8

Крім загальних вимог багато видів виробництв пред'являють специфічні вимоги до якості технічної води:

- целюлозно-паперова, промисловість дуже чутлива до каламутності;
- цукрова — до мінералізації, оскільки підвищена концентрація солей ускладнює варку і кристалізацію цукру;
- текстильна — до жорсткості, наявності заліза і марганцю,
- пивоваренна — до наявності гіпсу, тому що CaSO₄ заважає бродінню солода,
- харчова – використовує воду питної якості,
- молочна, консервна, виробництво алкогольних напоїв – використовують воду, яка не містить хлористого кальцію.

Всі ці вимоги регламентуються відомчими нормативами і викладені в довідниках. Там же дається склад виробничих стічних вод.

Вода, яка використовується в сільському господарстві. Поняття сільськогосподарське водопостачання включає задоволення потреби у воді населених пунктів, тваринницьких комплексів і ферм, а також польове і пасовищне водопостачання. Зрошування полів не входить в дане поняття.

Для сільських населених пунктів при централізованому водопостачанні приймаються ті ж норми на душу населення, що і для міст, але коефіцієнти добової і годинної нерівномірності значно більші (K_{доб} = 1,7 і K_ч = 3,5).

Повинно бути додатково враховане витрачання води в комунальних установах і громадських будівлях (лазні, їдальні, пральні, клуби, лікарні, школи і ін.), а також в гаражах, ремонтних майстернях, підприємствах по переробці сільськогосподарської продукції, на пожежогасінню. Більше всього води витрачається в лазнях і пральнях (у лазнях на одного 150—170 л, що миється, в пральнях на 1 кг сухої білизни — 40—50 л). У разі відсутності водопроводу мінімальна добова норма 10—20 л/доб на 1 чоло. Звичайно сільськогосподарське водопостачання орієнтується на розрахункову забезпеченість 75—80%.

Багато води в сільському господарстві використовується на тваринницьких комплексах і фермах. Вода в тваринництві витрачається в різних цілях (поїння худоби, приготування кормів, потреби обслуговуючого персоналу і ін.). Особливе значення має спосіб прибирання гною — механічний або гідравлічний. Норми водоспоживання в тваринництві приведені табл. 4.17.

Таблиця 4.17. - Норми споживання води в тваринництві, л/добу на 1 голову

Вид тварин	На тваринницьких комплексах і фермах	На пасовищах
Крупна рогата худоба	80—100	40—50
Лошаді	60—80	40—60
Свині	25—60	20—50
Овці та кози	8—10	4—5
Кролики	2,0—3,0	—
Гуси й утки на відгодівлі	1,8—2,0	—
Кури	0,5—1,0	—

При розрахунках водопостачання може здійснюватися деталізація, наприклад, дорослі свині і поросята, корови м'ясні і молочні і т.д. Молодняк споживає в 2—3 рази менше води. Великі цифри відносяться до посушливих районів, менші цифри — до районів надмірного зволоження. Коефіцієнт годинної нерівномірності для тваринницьких комплексів $K_{доб} = 2,5$. Приблизно половина води витрачається на гідрозмив гною з приміщень.

Вимоги до якості води для сільських населених пунктів з централізованим водопостачанням те ж, що і для міст. При децентралізованому водопостачанні вимоги дещо послаблюють:

- запахи і присмаки до 3 балів,
- кольоровість до 30°,
- жорсткість до 10 ммоль/дм³.

Вода для тварин в основному повинна відповідати вимогам до питної води, хоча за такими показниками, як кольоровість, прозорість і запах вимоги

можуть бути дещо пониженими. Температура води повинна знаходитися в межах 8 - 15°C, допустимий ступінь мінералізації води в цілому визначається її смаковими якостями.

Вода для зрошування повинна містити незначну кількість мінеральних солей, оскільки інакше виникає небезпека засолювання ґрунту в результаті випаровування води і акумуляції солей, які в ній містяться. В той же час допустимі величини мінералізації можуть змінюватися в широких межах залежно від умов поливу, дренажу, метео- і агротехнічних чинників. Вода з мінералізацією до 1 г/л є придатною для зрошування у всіх випадках. За поганих умов дренажу і слабо фільтруючих ґрунтів гранично допустимий вміст солей не повинен перевищувати 1,5 г/л.

4.4 Норми водопостачання

Водопровідна система є складною імовірнісною системою з практично не передбаченими режимами роботи. Крім того, водопровідні системи динамічно розвиваються в часі. Збільшення кількості споживачів, зростання ступеня впорядкування будівель, збільшенні площ для поливу – все це робить завдання проектування системи водопостачання і її елементів, а також планування господарської діяльності водопровідних підприємств у край складної.

З урахуванням коефіцієнтів добової і годинної нерівномірності водоспоживання ($K_{\text{доб}}$ і $K_{\text{год}}$) загальна витрата води (Q , м³/с), на яку розраховується система господарсько-питного водопостачання

$$Q = \frac{NqK_{\text{доб}}K_{\text{год}}}{86,4 \cdot 10^6} \quad (4.1)$$

де N — число мешканців,

q — норма, води (л/доб на 1 людину) на душу населення.

Коефіцієнт $K_{\text{год}} = \alpha_{\text{год}}\beta_{\text{год}}$, причому параметр $\alpha_{\text{год}}$ враховує такі місцеві умови, як режим роботи підприємств, благоустрій будівель і ін. (зазвичай $\alpha_{\text{год}} = 1,2 - 1,4$), а параметр $\beta_{\text{год}}$ приймається в залежності від чисельності населення:

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

Розрахункова погодинна витрата $q_{\text{год макс}}$, м³/ч, визначається з урахуванням годинної нерівномірності водоспоживання. Нерівномірність викликана тим, що на протязі доби населення споживає воду непостійно, а у

відповідності до устрою життя, графіком роботи підприємств, денним і нічним водоспоживанням:

$$Q_{\text{год макс}} = k_{\text{год макс}} Q_{\text{доб макс}} / 24, \quad (4.2)$$

де $k_{\text{год макс}}$ – коефіцієнт годинної нерівномірності.

Коефіцієнт годинної нерівномірності залежить від ступіня благоустрою будівель і числа мешканців

$$k_{\text{год макс}} = \alpha_{\text{макс}} \beta_{\text{макс}}, \quad (4.3)$$

де $\alpha_{\text{макс}}$ – коефіцієнт, що залежить від ступіня благоустрою будівель;

$\beta_{\text{макс}}$ – коефіцієнт, що залежить від числа мешканців.

Добовий режим водоспоживання в залежності від коефіцієнта нерівномірності різний (Табл. 4.18).

Таблиця 4.18. - Норми господарсько-питного водопостачання і коефіцієнти добової нерівномірності

Ступінь благоустрою населеного пункту	Норма водоспоживання, л/доб на 1 чол.	Коефіцієнт добової нерівномірності $K_{\text{доб}}$
Будівлі без водопроводу і каналізації	30—50	1,20—1,33
Будівлі з водопроводом і каналізацією, без ванн	125—150	1,12—1,15
Будівлі з водопроводом, каналізацією і ваннами с газовими колонками	180—230	1,09—1,11
Будівлі з водопроводом, каналізацією, ваннами і гарячим централізованим водопостачанням	275—400	1,05—1,09

Примітка. Найбільше значення стосується південних районів, найменше— північних.

Досвід експлуатації дозволяє розробити вірогідний графік водоспоживання. Ці графіки необхідні для визначення розрахункової секундної витрати, режимів роботи підприємств і поливу території міста.

Споживання води на потреби промислових підприємств залежить від технології виробництва і визначається завданням технологів або нормативними документами.

4.5 Графіки водопостачання

При розрахунку водопровідної системи параметрів, в першу чергу визначальним витрат на будівництво і експлуатацію системи, є розрахунковий розхід.

Тому вкрай важливо планувати режим роботи підприємств і полив таким чином, щоб не збільшувати пікові навантаження водоспоживання. Ця задача вирішується шляхом побудови графіків водоспоживання.

Як правило, години максимального водоспоживання приходяться на утішні і вечірні періоди. Якщо на той же час планувати поливний розхід, то пікові навантаження збільшаться, і в цьому випадку такі споруди, як мережі, резервуари, водонапірні башти, насосні станції і водоводи, необхідно будувати з урахуванням пропуску великого розходу.

В крупних містах нерівномірність водоспоживання менш за рахунок того, що на різних підприємствах початок роботи і режими водоспоживання різні. Для міст з невеликим числом підприємств нерівномірність водоспоживання висока і підхід до режимів водоспоживання представляє велику практичну задачу.

Контрольні запитання

1. Які є джерела водопостачання?
2. Фізичні показники якості води (їх формування та зміна).
3. Хімічні показники якості води (їх формування та зміна).
4. Біологічні показники якості води (їх формування та зміна).
5. Вимоги до джерела водопостачання.
6. Зони санітарної охорони для джерела водопостачання.
7. Класифікація поверхневих джерел водопостачання.
8. Класифікація підземних джерел водопостачання.
9. Що є показником придатності води для використання її для різних цілей?
10. Основні вимоги до якості питних вод.
11. Основні вимоги до якості вод промислового використання.
12. Основні вимоги до якості сільсько-господарських вод.
13. Норми питного водопостачання.
14. Графіки водопостачання у місті.

5 ФІЗИЧНІ ТА ХІМІЧНІ МЕТОДИ ОЧИСТКИ ПРИРОДНИХ ВОД ДЛЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ

5.1. Класифікація домішок за фазоводисперсним станом

Найбільш загальними й характерними ознаками забруднюючих речовин (за Л.А.Кульським) є форми знаходження їх у воді. Тому в основу принципу групування домішок і технологічних прийомів водоочистки ним запропоновано поняття про їх фізико-хімічний стан у воді. Цей стан значною мірою характеризується дисперсністю речовин і визначає закономірності, яким підлягають процеси у водному середовищі.

Всі забруднювальні речовини (домішки) природних і стічних вод об'єднані в чотири групи з загальним для кожної групи набором методів водоочистки, який визначається формою знаходження домішки у воді (Табл. 5.1).

До **першої групи домішок** води належать завислі у воді речовини. Сюди слід віднести також бактерійні завислі речовини і інші біологічні утворення. Видалення цих домішок, тобто освітлення води, може бути досягнуте шляхом використання безреагентних методів.

Друга група домішок води – різні типи гідрофільних і гідрофобних систем, високомолекулярні речовини і детергенти - може вилучатися з води за допомогою різних методів і технологічних прийомів. Використовується обробка води хлором, озоном і іншими окислювачами. При цьому знижується кольоровість води, знищуються мікроорганізми, руйнуються гідрофільні колоїди, що створює сприятливі умови для наступної коагуляції, прискорюється процес утворення пластівців і осаду.

Для **третьої групи домішок**, які є молекулярними розчинами, найбільш ефективними є аерація, окислення, адсорбція.

Для **четвертої групи домішок** (електролітів), технологія очищення води зводиться до скріплення іонів в малорозчинні і малодисоційовані сполуки за допомогою реагентів.

Хімічні, фізичні і фізико-хімічні процеси, що використовуються для очистки і підготовки води, можна розділити на дві групи:

- 1 - процеси, пов'язані з корекцією її фізичних і хімічних властивостей;
- 2 - процеси, які забезпечують знезараження води, тобто звільнення від шкідливих бактерій і мікроорганізмів.

Таблиця 5.1. - Класифікація домішок води за їх фазоводисперсним станом і методи водоочистки, які використовуються для їхнього видалення

А - гомогенна (однорідна), Б - гетерогенна (неоднорідна) системи

Група	Форми знаходження домішок	Методи водоочистки
1-А 10^{-2} - 10^{-4} см	Завислі речовини (суспензії та емульсії, які зумовлюють каламутність води, а також мікроорганізми та планктон)	Механічний безреагентний розділ; окиснення хлором, озоном; адгезія на гідроксидах алюмінію чи заліза, а також на зернистих і високозернистих матеріалах; флотація суспензій і емульсій; агрегація флокулянтами; бактерицидний вплив на мікроби і спори; електрофільтрація і електроутримання мікроорганізмів
2-А 10^{-5} - 10^{-6} см	Колоїдні розчини і високомолекулярні сполуки, які зумовлюють окиснюваність і колірність води, а також віруси	Діаліз, ультрафільтрація; окиснення хлором, озоном; адсорбція на гідроксидах алюмінію і заліза, а також на високодисперсних глинистих мінералах; коагуляція колоїдних систем; агрегація флокулянтами катіонного типу; віруліцидний вплив; електрофорез і електродіаліз
3-Б 10^{-6} - 10^{-7} см	Молекулярні розчини (гази, розчинені у воді органічні речовини, які надають ж запахи і присмаки)	Аерація, евапорація, десорбція газів і летких органічних сполук при аеруванні; окиснення хлором, оксидом хлору, озоном, перманганатом; адсорбція на активованому вугіллі та інших матеріалах; екстракція органічними розчинниками; асоціація молекул; біохімічне розкладання; поляризація молекул в електричному полі
4-Б 10^{-7} см	Іонні розчини (солі, кислоти, основи, які надають воді мінералізованості, кислотності чи лужності)	Гіперфільтрація; переведення іонів у малодисоційовані сполуки; фіксація іонів на твердій фазі іонітів; сепарація іонів за різного фазового стану води; переведення іонів у малорозчинні сполуки; мікробне виділення іонів металів; використання мобільності іонів в електричному полі

5.2 Основні технологічні процеси очистки води

Необхідність обробки води виникає тоді, коли якість води природних джерел не задовольняє необхідні вимоги. Така невідповідність може бути тимчасовою (сезонним) або постійною. Характер і ступінь невідповідності якості води джерела вимогам користувача визначає вибір методів обробки

води. Якщо при цьому можуть бути використані різні методи очищення, то вибір їх проводиться на основі техніко-економічних розрахунків.

Розрізняють поняття: ширше - водоочистка і вже - водопідготовка.

Водоочистка - це комплекс технологічних процесів, спрямованих на доведення якості води, що поступає у водопровід з джерела водопостачання, до встановлених показників.

Водопідготовка - це обробка води, що поступає з природного джерела постачання для живлення парових котлів і інших технологічних цілей. Водопідготовка проводиться на ТЕС, на транспорті, в комунальному господарстві, на промислових підприємствах.

Освітлення, усунення кольоровості, присмаків і запахів. Освітлення і часткове усунення колірності води без використання реагентів відбувається при тривалому її відстоюванні, яке може здійснюватися у відкритих, спеціально споруджених басейнах-відстійниках чи водосховищах. Термін освітлення води (і то неповного) має становити не менше 12 діб, для часткового усунення колірності - 12 і більше місяців. Зрозуміло, що такий метод використовується рідко. Відстоювання води забезпечує видалення з неї основної маси завислих частинок. Найбільш простий процес відстоювання здійснюється в нерухомому середовищі. При відстоюванні завислих речовин можливе як вільне, так і взаємне осадження (коли одні частинки захоплюють інші, сприяючи процесу осадження). Експериментально встановлено, що швидкість осадження частинок в природних водах пропорційна величині

$$(t + 23)/23,$$

де t - температура води, $^{\circ}\text{C}$.

До безреагентних методів належить також *повільне фільтрування*. Характерна особливість - дуже малі швидкості фільтрування (0,1 - 0,2 м/год) і використання фільтруючого матеріалу (звичайно кварцевого річкового піску) з дрібними фракціями (0,25-0,35мм), який затримує зважені речовини.

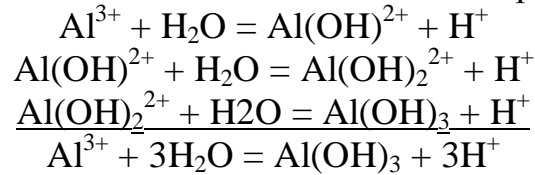
Реагентними є методи обробки води засновані на використанні спеціальних хімічних речовин (коагулянтів) і називаються *коагуляцією*. В результаті цього процесу у воді утворюються пластівці, що включають зважені і колоїдні частинки, які додають воді каламутність і кольоровість. Потім ці пластівці осідають і забезпечують освітлення і усунення кольоровості.

Коагулянти представляють собою солі слабких основ і сильних кислот - сульфат алюмінію $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, сульфат залізо (II) і (III) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ і $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, хлорне залізо $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ і ін.

Процес коагуляції домішок води, складається з трьох стадій:

- гідролізу коагулянтів і утворення розбавлених золів гідроксидів;
- взаємодії золів гідроксидів з колоїдами і зваженими речовинами води і наступної коагуляції золів;

➤ процесу утворення пластівців і видалення з води агрегатів, що утворилися.



Повнота протікання гідролізу впливає на весь наступний хід процесу коагуляції, тим паче, що згідно санітарно-гігієнічних вимог вміст навіть невеликих кількостей солей коагулянтів (особливо алюмінієвих) є неприпустимим в очищеній воді.

Укрупнення колоїдних частинок, які утворюються в результаті гідролізу коагулянтів, відбувається поступово. Спочатку в результаті броунівського руху утворюються агрегати з масою, недостатньою для випадання їх з розчину. Це так звана *стадія прихованої коагуляції*. Якщо укрупнення досягає стадії, коли утворюються пластівці, видимі неозброєним оком і осідаючі під дією сили тяжіння, настає стадія седиментації (осадження). Появі видимих пластівців передують стадія утворення об'ємної структури, що включає велику кількість води

У сучасній технології освітлення і усунення кольоровості води все частіше використовуються речовини, які інтенсифікують і покращують процес коагуляції – *флокулянти*. Їх дія полягає в тому, що вони сприяють утворенню великих, швидко осідаючих у відстійниках, міцніших і щільніших пластівців. До флокулянтів відносяться речовини мінерального (активна кремнієва кислота) і органічного (природного і синтетичного) походження. Серед них найбільш відомий поліакриламід.

Видалення пластівців, які коагулюють, досягаючи шляхом відстоювання і фільтрування. Після осадження основної маси завислих часток вода звичайно фільтрується - пропускається через шар зернистого матеріалу, частіше за все - піску. На відміну від повільного фільтрування швидкість процесу становить 5-10 м/год, і фільтруючий матеріал містить більш великі фракції (0,5-1,00 мм). Цей процес називається швидким фільтруванням.

Завершальним етапом звільнення води від завислих речовин є *фільтрування* - пропускання води через шар фільтруючого матеріалу.

Фільтруванням з води вилучаються завислі частки, які не були затримані на першому етапі очистки. Фільтруючий шар періодично очищається від накопичених у ньому забруднюючих речовин. Суть фільтрування полягає в розподілі завислих часток у порах фільтруючого матеріалу, закріпленні їх на його поверхні (адгезія). Для фільтрування можуть використовуватись інертні речовини (кварцовий пісок річковий чи кар'єрний, подрібнений антрацит, доменний шлак, керамзит, аглопорит), які служать лише для затримання завислих часток, чи активні наповнювачі

(діатоміт, трепел, активоване вугілля, магма), які одночасно з освітленням забезпечують поліпшення деяких показників якості води.

Методи усунення присмаків і запахів залежать від характеру речовин, які викликали їх появу, і стани; у якому вони знаходяться (іонні і молекулярні розчини, колоїди і зважені речовини).

Присмаки і запахи речовин

- що знаходяться в зваженому або колоїдному стані, усуваються з води коагуляцією
- обумовлені підвищеним вмістом неорганічних речовин, які знаходяться в іонному або молекулярному стані - методами корекції мінерального складу води (знесолювання, дегазація і тому подібне)
- біологічного походження, а також обумовлені наявністю органічних сполук з промислових стічних вод, - усуваються, в основному, за допомогою окислювачів, адсорбентів, а також аерацією.

Одним з перших і впродовж десятиліть єдиним методом усунення з природних вод присмаків і запахів був процес *аерації* води, який заснований на летючості речовин, які їх викликають. У ряді випадків при усуненні запахів і присмаків біологічного походження аерація забезпечує достатньо повну дезодорацію води. Але цим способом не усуваються стійкі присмаки, які викликані розкладанням водної рослинності, а також забрудненням промисловими стічними водами. Тому цей спосіб, як правило, використовується в комбінації з іншими. Аерація відбувається в спеціальних установках - аераторах (розбризкуючого, каскадного або барботажного типу).

Метод окиснення передбачає використання сильних окисників: хлор, діоксид хлору, озон, перманганат калію тощо.

Однією з найбільш поширених промислових речовин, яка забруднює природні води, є феноли, їх присутність у воді в кількості, що перевищує 0,001 мг/л, призводить при хлоруванні води з метою знезараження до появи хлорфенольних запахів. Тому для боротьби з хлорфенольними запахами використовують хлорування з амонізацією. Воно не усуває ці запахи, а попереджає їх виникнення, оскільки хлор енергійніше реагує з аміаком, ніж з фенолами, утворюючи хлораміни.

Обробка активованим вугіллям - один з найбільш поширених способів дезодорації води. Пояснюється це високою ефективністю вугілля, його універсальністю, а також можливістю успішного використання у будь-якій технологічній схемі обробки води.

Активоване вугілля відрізняється розвинутою пористістю і тому має величезну внутрішню поверхню. На такій поверхні виникають сили міжмолекулярної взаємодії, завдяки яким молекули газів, пари чи розчинених речовин утримуються активованим вугіллям. У результаті концентрація цих молекул в газах чи розчинах зменшується.

З активованого вугілля, яке виробляється в Україні, для дезодорації найбільш часто використовують торфове вугілля ТАВ, березове вугілля БАВ,

кістяне вугілля КАВ, сухе вугілля СВ, лужний активований антрацит А. На водоочисних спорудах вугілля застосовують у вигляді вугільного порошку чи гранул, якими заповнюють фільтри. Вугільні фільтри розмішують звичайно після освітлювальних, щоб запобігти зниженню адсорбційної ємності вугілля за рахунок поглинання речовин, що надають воді колірності.

Результати роботи фільтрів свідчать, що вугілля повністю усуває присмаки і запахи води і значно зменшує колірність і окиснюваність. Експлуатація та обслуговування фільтрів просте і надійне. Недоліком вугільних фільтрів є велика витрата води на промивання, швидке зниження адсорбційних властивостей вугілля, корозія корпусу фільтра.

Знезараження води хлором, озоном, сріблом та йодом. Хлорування води - один із поширених методів знезараження води на водопроводах. Ця процедура виконується у всіх випадках забору води з поверхневих водойм, а також при отриманні води з підземних джерел, бактеріальні показники яких не відповідають вимогам стандарту.

Хлорування води відбувається газоподібним хлором або ж речовинами, що містять активний хлор: хлорне вапно, хлорит, діоксид хлору. Під "активним хлором" розуміють кількість газоподібного хлору, що відповідає кількості O_2 , який виділяється сполуками при уведенні їх у воду. Для знезараження води, як правило, слід використовувати рідкий хлор. На станціях невеликої продуктивності (до 3000 м^3 /добу) знезараження води допускається хлорним вапном.

Суть дії хлору полягає в пригніченні обміну і окисненні речовин, які входять до складу протоплазми клітин бактерій, у результаті чого останні гинуть. Збудники тифу, дизентерії, холери й бруцельозу є дуже чутливими до дії хлору. Навіть сильно заражена бактеріями вода значною мірою дезінфікується порівняно невеликими дозами хлору. Але все одно - при хлоруванні повної стерилізації води не відбувається. У ній залишаються одиничні представники мікроорганізмів, і залежить це від різної стійкості до хлору окремих видів мікроорганізмів та вірусів.

Бактерицидний ефект хлору значною мірою залежить від його початкової дози і тривалості контакту з водою. Частіше за все на руйнування клітин втрачається лише незначна частина хлору. Більша частина хлору йде на реакції з різноманітними органічними і мінеральними домішками, які містяться у воді. Ці реакції протікають з різною швидкістю залежно від концентрації хлору, рН, температури водії тощо.

Кількість хлору, який поглинуто в результаті його взаємодії з речовинами, що містяться у воді, називається *хлоропоглинанням* води, яке визначається кількістю хлору у мг/л, який витрачається при 30-хвилинному контакті його з досліджуваною водою на окиснення і хлорування деяких органічних речовин. До таких речовин відносяться гумус, продукти розкладення клітковини й білкових сполук, солі двовалентного заліза, нітриту, аміак і солі амонію, сірководень.

Звичайно хлоропоглинання річкових та озерних вод становить 2-2,5 мг/л Cl_2 , у ставкових і болотних водах воно підвищується до 5 мг/л Cl_2 . Різке підвищення кількості поглинутого хлору може свідчити про забруднення води органічними речовинами.

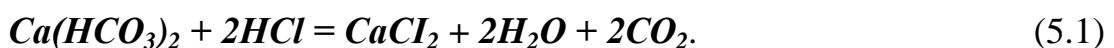
На практиці при визначенні необхідної дози хлору виходять із загальної потреби хлору для води. Це включає її хлоропоглинання і деякий надлишок хлору, який забезпечує протягом певного часу бактерицидний ефект. Надлишок хлору необхідний для запобігання повторного бактеріального забруднення води під час проходження по водопровідній мережі. Вміст залишкового активного хлору у водопровідній воді лімітується стандартом і повинен досягати на найближчій до насосної станції точці 0,3-0,5 мг/л. Оптимальну дозу хлору, яка є необхідною для отримання заданої величини залишкового хлору, встановлюють шляхом проведення пробного хлорування, в результаті чого будують криву хлоропоглинання води за 30 хв.

Наявність завислих у воді домішок як органічного походження, так і мінерального, значно знижує бактерицидний ефект хлорування, їх поверхня, яка сорбує на собі хлор, вилучає його з води. Крім того, бактерії, які знаходяться всередині згустків завислих речовин, меншою мірою піддаються впливу хлору. Знезараження насичених домішками вод вимагає збільшення доз хлору протягом довгого проміжку часу. Тому гігієнічні та смакові якості води бувають знижені.

Добрі результати при знезараженні води, бактеріальне забруднення якої перевищує межу, дає хлорування підвищеними дозами з наступним дехлоруванням води. Збільшення бактерицидного ефекту невеликих доз хлору може бути досягнуто використанням комбінованих методів хлорування (додавання до хлорованої води перманганату калію і солей важких металів).

Хлор, як уже зазначалося, окислює і руйнує органічні домішки води, в результаті чого знижується колірність води, зникають запахи, а також інші показники, які пов'язані з наявністю у воді органічних речовин. Руйнування при хлоруванні гумінових речовин сприяє поліпшенню процесів самоочистки. Але відомі випадки, коли хлорування призводить до утворення продуктів, які мають сильний запах. Особливо стійкими і неприємними є хлорфенольні запахи і присмаки. Вони виникають при хлоруванні води, забрудненої стічними водами, які містять феноли та інші ароматичні речовини.

Звичайно хлорування сприяє очистці води від заліза, марганцю і деяких отруйних речовин. При хлоруванні води великими дозами відбувається перехід частини карбонатної жорсткості в некарбонатну



Таким чином, хлорування води, поряд із знезараженням відіграє велику роль також як фактор, що сприяє поліпшенню процесів коагулювання, відстоювання і фільтрування.

Реагенти для хлорування води. Хлор є газом жовто-зеленого кольору з різким неприємним запахом. Отримують його шляхом електролізу розчину кухонної солі. Сухий хлор за низьких температур вступає у взаємодію з дуже невеликою кількістю речовин, але за наявності слідів вологи його активність різко зростає. Він безпосередньо з'єднується з усіма металами і, окрім кисню, благородних газів, азоту і фтору, з усіма неметалами.

Газоподібний хлор добре розчинний у воді, розчинність його підвищується із зниженням температури і збільшенням тиску. Але за низьких температур утворюються гідрати хлору загального складу $Cl_2 \cdot nH_2O$, які випадають в осад, і, таким чином, визначають граничну концентрацію хлору у воді. За насичення води хлором утворюється хлорна вода, яка має сильні окислювальні властивості.

Взаємодія хлору з водою (гідроліз хлору) при хлоруванні відбувається за рівнянням



За рН 5 активний хлор майже повністю знаходиться в розчині в молекулярній формі. В інтервалі рН 5-9,2 присутня хлорноватиста кислота з деякими домішками гіпохлоритів. За рН 9,2 активний хлор знаходиться в розчині тільки у вигляді іонів ClO^- . Гідроліз хлору залежить також від тиску, температури, інтенсивності перемішування та інших факторів. Процес гідролізу хлору протікає приблизно за 2 хв.

Хлорноватиста кислота ($HClO$) – сильний окислювач, існує тільки в розчині. В сильно розведених розчинах вона не має кольору. Концентровані розчини мають жовтий колір і різкий запах. У нейтральному чи лужному середовищі на світлі відбувається фотохімічне розкладання хлорноватистої кислоти з виділенням кисню



Хлорноватиста кислота - сильний окисник, який робить безколірними лакмус та індиго. Солі хлорноватистої кислоти - гіпохлорати - одержують при взаємодії хлору з холодним розчином лугу



Відбувається ця реакція або при пропусканні газоподібного хлору через розчин лугу, або ж при електролізі розчинів хлоридів лужних металів в умовах, які забезпечують перемішування продуктів електролізу.

При взаємодії хлору з гашеним вапном отримують *хлорне вапно*. Окислювальні властивості хлорного вапна цілком залежать від наявного в ньому аніона хлорноватистої кислоти. Існуючі способи технічного виробництва хлорного вапна в заводських умовах забезпечують одержання її із вмістом активного хлору в межах 32-36 %.

Реакція розкладання у хлорного вапна водою протікає за рівнянням



Серед хлоритів особливе місце посідає NaOCl_2 , як вихідний продукт для отримання діоксиду хлору. Хлорит натрію є сильним окисником.

За рН 2 розкладання хлориту натрію у воді протікає з утворенням ClO_2 і HCl .

Діоксид хлору (ClO_2) являє собою зеленувато-жовтий отруйний газ із запахом, значно більш інтенсивним, ніж запах хлору. Діоксид хлору легко розчиняється у воді, не гідролізується. ClO_2 має порівняно з хлором ту перевагу, що при обробці води, яка містить феноли, не виникає хлорфенольних запахів, оскільки фенол практично окислюється ClO_2 до хінону та малеїнової кислоти, які в малих дозах не надають воді запаху і присмаку. Тому використання діоксиду хлору може бути рекомендовано для підвищення ефективності знезараження і попередженні виникнення специфічних запахів у воді.

Методи хлорування води. Хлорування води є заходом, який постійно здійснюється на комунальних водопроводах та станціях з очистки господарсько-побутових і деяких категорій промислових стічних вод. Крім того, хлорування проводиться як короткочасний чи періодичний захід, необхідний для дезинфекції ділянок водопроводу, що вводяться в експлуатацію, фільтрів, резервуарів чистої води.

При виборі методу хлорування необхідно враховувати цільове призначення цього процесу, наявність забруднюючих речовин у воді, її характер, специфіку водоочисних споруд. Виходячи з різних цілей хлорування, існуючі методи обробки води хлором та солями, які містять активний хлор, можна об'єднати у дві групи:

- постхлорування (завершальне) ;
- прехлорування (попереднє) води.

Постхлорування – це процес знезараження води, який проводиться після всіх інших способів її обробки і є завершальним етапом очистки води. Постхлорування може здійснюватися як невеликими дозами (нормальне хлорування), так і підвищеними (перехлорування). Використовується воно і спільно з іншими речовинами для знешкодження мікроорганізмів (комбіноване хлорування).

Нормальне хлорування застосовується для знезараження води, яка відбирається в надійних у санітарному відношенні джерелах і має добрі фізико-хімічні показники. Дози хлору мають забезпечувати необхідний бактерицидний ефект без погіршення органолептичних показників якості води. Кількість залишкового хлору після 30-хвилинного контакту води з хлором допускається не вище 0,5 мг/л, оскільки за вищих концентрацій вода набуває специфічного запаху і присмаку.

Перехлорування використовується часто в тих випадках, коли спостерігаються різкі коливання бактеріального забруднення води та коли нормальне хлорування не дає потрібного бактерицидного ефекту. Перехлорування усуває багато неприємних присмаків, запахів і в деяких випадках може використовуватися для очистки води від токсичних речовин.

Доза залишкового хлору при перехлоруванні звичайно встановлюється в межах 3-10 мг/л. Відомі випадки, коли перехлорування проводилося дуже високими дозами - до 100 мг/л (суперхлорування). За великих доз хлору досягається швидкий ефект.

Залишок хлору, який перевищує допустиму у воді концентрацію, усувається дехлоруванням. За невеликого надлишку хлор може бути усунуто аеруванням, а за високих концентрацій залишкового хлору застосовуються хімічні методи. З них найбільш поширеними є: обробка води сірчанистим ангідридом та активованим вугіллям.

Комбіновані методи хлорування, тобто обробка води хлором разом з іншими бактерицидними препаратами (тіосульфатом, сульфітом натрію, бісульфітом натрію), можуть використовуватися для підсилення дії хлору чи фіксації його у воді на більш довгий строк. До комбінованих методів відносяться: хлорування з мангануванням (додається $KMnO_4$), хлорсрібний та хлормідний способи (у воду вводяться одночасно хлор та іони Ag і Cu), а також хлорування з амонізацією (вводиться аміак чи солі амонію). Комбіновані методи використовуються не лише для обробки великих об'ємів води на стаціонарних водопроводах, але і як індивідуальні засоби знезараження води.

Прехлорування води використовується як засіб, який поліпшує деякі процеси очистки води (наприклад, коагулювання і усунення заліза), а також як ефективний засіб знезараження деяких токсичних речовин. Прехлорування, як правило, здійснюється великими дозами хлору, але на відміну від перехлорування воно не вимагає наступного дехлорування води, оскільки надлишок хлору звичайно повністю усувається при подальших процесах її обробки. Надлишковий хлор витрачається на окиснення різноманітних домішок води, сорбується пластівцями коагулянту, окислює організми, які розвиваються на поверхні і в товщі заповнювачів фільтрів.

Практичне використання процесу хлорування води в основному зводиться до пре- та постхлорування. Застосовується також подвійне

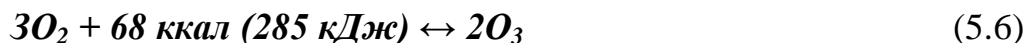
хлорування (пре- та постхлорування). У такому випадку до кожного з цих процесів висуваються різні вимоги:

- попереднє хлорування проводять для того, щоб підготувати воду до наступних етапів очистки;
- від завершального хлорування вимагається забезпечення необхідної концентрації залишкового хлору у воді, яка гарантує санітарну якість води (хлор вводиться після фільтрів);
- подвійне хлорування використовується за високої колірності вихідної води та за підвищеного вмісту в ній органічних речовин.

Озонування води. Одним з ефективних методів знезараження води є її обробка озоном. Озон, як відомо, є алотропічною модифікацією кисню, і молекула його на відміну від молекули кисню (O_2) складається не з двох, а з трьох атомів (O_3).

Уперше озон було виявлено в 1785 р. нідерландським фізиком М. ван Марумом за характерним запахом (свіжості) і окисними властивостями, які набуває повітря після пропускання через нього електричних іскор. Характерний запах озону вже відчувається за його вмістом в повітрі навіть у співвідношенні 1:500 000. Озон є вибуховим газом синюватого кольору з різким характерним запахом. Маса 1 л озону становить 2,1445 г; густина газоподібного озону за киснем 1,5, за повітрям 1,62; нижче температури кипіння, яка становить $112^\circ C$, озон стає темно-синьою рідиною з густиною $1,71 \text{ г/см}^3$. Розчинність озону за температури $0^\circ C$ у воді становить 0.394 г/л, тобто у 15 разів більша, ніж у кисню (0,049 г/л).

Озон утворюється за зворотною реакцією



Молекула O_3 є нестійкою і самочинно перетворюється на O_2 з виділенням тепла. За невеликих концентрацій без сторонніх домішок озон розкладається повільно, за великих - з вибухом. Нагрівання і контакт озону з найменшими кількостями органічних речовин, деяких металів чи їх оксидів різко прискорює його перетворення. І навпаки, присутність значної кількості HNO_3 стабілізує озон, а у ємностях із скла, деяких пластмас або чистих металів озон за температури $78^\circ C$ практично не розкладається. Озон є одним з найбільш сильних окисників, набагато сильнішим, ніж кисень. Він окислює всі метали, за виключенням золота і платинових, а також більшість інших елементів. Присутність озону у газовій суміші можна встановити за реакцією



"Звичайний" кисень O_2 в реакцію з KI не вступає.

Озон в атмосфері зумовлює характер поглинання сонячної радіації земною атмосферою, хоча і міститься він у надзвичайно малих кількостях.

Так, товщина шару озону за нормальних умов тиску і температури в середньому для всієї Землі становить 2,5-3 мм (в екваторіальних областях близько 2 мм, а у високих широтах до 4 мм). Основна маса озону розташована у вигляді шару, який називається озоносферою, на висоті 10-50 км (максимум на висоті 20-25 км). Озон найбільш сильно поглинає радіацію на ділянці спектру з довжиною хвилі 2900 А, тому ця досить активна у біологічному відношенні частина сонячної радіації не досягає земної поверхні. У результаті поглинання радіації температура у шарі озону сильно підвищується.

У промисловості озон отримують з повітря в озонаторах, пропускаючи тихий електричний розряд за низьких температур. Зріджується O_3 краще, ніж O_2 , і тому їх легко розділити.

Озонування води ґрунтується на властивості озону розкладатись у воді з утворенням атомарного кисню ($O_3 \rightarrow O_2 + O$), який руйнує ферментні системи мікробних клітин, окислює деякі сполуки, що надають воді неприємного запаху (наприклад, гумінові основи).

Кількість озону, яка є необхідною для знезараження води, залежить від ступеня забруднення води і становить 1-6 мг/л за контакту близько 8-10 хв. Кількість залишкового озону не повинна перевищувати 0,3-0,5 мг/л, оскільки більш висока доза надає воді специфічного запаху і викликає значну корозію водопровідних труб.

З позиції гігієни озонування є одним з найкращих способів знезараження води. Вода при цьому не збагачується додатковими домішками. Залишковий невикористаний озон через короткий проміжок часу розпадається і перетворюється на кисень. Нагадаємо, що перші досліди з озонування дніпровської води у Києві було проведено 1908 р., а промислову озонаторну установку на дніпровському водозаборі було встановлено 1974р.

Треба зазначити, що озонування води є відповідальним технологічним процесом, який вимагає великих витрат електроенергії, застосування складних приладів і висококваліфікованого технагляду, оскільки концентрований озон - отруйний газ. Це до певної міри є стримуючим фактором для його широкого застосування. За літературними даними у світі діє понад 3 тис. озонаторних установок різної потужності.

Озонування використовують також і для очистки повітря в приміщеннях для переробки і зберігання продуктів, які швидко псуються, інколи в місцях скупчення людей. Але в повітрі допустимі лише мікроконцентрації озону, оскільки він є надзвичайно отруйним, навіть більше, ніж чадний газ CO (гранична концентрація озону у повітрі 10^{-5} %).

Знезараження води іонами срібла. Срібло навіть у малих концентраціях має властивість знищувати мікроорганізми, що пояснюється властивістю його іонів руйнувати протоплазму мікроорганізмів. За теорією Г.Вороца та Е.Тоферна, механізм бактерицидної дії срібла пояснюється

порушенням обміну речовин у клітинах бактерій внаслідок блокування активних груп (*-COOH та -SN*) окремих ферментів.

Ступінь активності срібла тим більший, чим вища концентрація його іонів у розчині. Домішки, які містяться у воді, негативно впливають тільки в тому разі, якщо вони зв'язують іони срібла в малодисоційовані чи важко розчинні сполуки, які випадають в осад або ж відновлюють їх до металу.

Збагачення води іонами срібла досягається кількома способами: методом контактування води з розвинутою поверхнею металу (посріблені кільця Рашига, пісок Краузе тощо), методом безпосереднього розчинення у воді препаратів срібла електролітичними способами (метод Л.А.Кульського).

Найбільшу практичну цінність становить електролітичний метод, який ґрунтується на анодному розчиненні срібла. Цей метод забезпечує можливість швидкого отримання бажаних концентрацій срібла в розчині, дозволяє вести за допомогою електровимірювальних приладів точне дозування і регулювання процесу.

“Срібна вода”, яка готується електролітичним розчиненням, має високі бактерицидні властивості і з успіхом може бути використана для очистки води від шкідливих мікроорганізмів, дезинфекції та консервування продуктів харчування, для лікувальних цілей тощо. Завдяки мізерним дозам срібла вона є зовсім не шкідливою.

Досліди показали, що за ефективністю дії срібної води на різні види бактерій останні розміщуються в такій послідовності:

бактерії колі → бактерії Флекснера (дизентерія) → бактерії Еберга (черевний тиф) → стрептококи → стафілококи.

Інтерес до знезараження води електролітичними розчинами срібла в світі є значним. Багато зарубіжних фірм випускають іонатори різної продуктивності для знезараження води на водопроводах, у тих місцях, де використання хлору є не бажаним, а існує необхідність тривалого зберігання питної води (наприклад, на судах).

Стационарну і переносну вітчизняну апаратуру різної продуктивності для отримання електролітичної срібної води було розроблено в Інституті колоїдної хімії та хімії води НАН України. Прилади, які виробляють срібну воду - іонатори системи Л.А.Кульського, випускаються з 1937 р. Вони постійно удосконалюються.

Йодування води. З галогенів, окрім хлору, для знезараження води використовуються також йод і бром. Але в практиці водопостачання знайшло застосування лише йодування води.

У нашій країні йодування у виробничих масштабах було здійснено під керівництвом Л.Б.Добровольського, на водному транспорті - В.К.Яковлева. Було показано, що йодування має ряд суттєвих переваг порівняно з хлоруванням:

- 1) менша тривалість контакту з водою;
- 2) більший бактерицидний ефект;
- 3) розширення діапазону бактерицидної дії;
- 4) йод не є елементом, чужим для людського організму;
- 5) концентрація йоду в обробленій воді нерідко не перевищує фонових значень вихідної води.

Безреагентні методи знезараження води *Знезараження води ультрафіолетовим промінням.* Негативну дію світла на розвиток більшості бактерій було помічено давно. Але механізм дії світла довгий час залишався невідомим. За більш детального вивчення цього явища було встановлено, що бактерицидною дією характеризується в основному короткохвильова частина спектра. У кінці XIX ст. російський вчений О. М. Маклаков встановив бактерицидну дію ультрафіолетового проміння з довжиною хвиль від 2000 до 2950 А (1 ангстрем дорівнює 10^{-8} см), причому максимально ефективним є проміння з довжиною хвиль близько 2600 А. У наш час достатньо правильним поясненням бактерицидних властивостей ультрафіолетового проміння є те, що воно впливає на білкові молекули і ферменти цитоплазми клітин, а це викликає їх загибель.

Знезараженню ультрафіолетовим промінням краще за все піддається очищена прозора вода, колірність якої не перевищує 20° , оскільки завислі та колоїдні частинки розсіюють світло і заважають проникненню ультрафіолетового проміння.

Джерелами ультрафіолетового проміння є ртутні лампи, виготовлені з кварцового скла (оскільки звичайне скло не пропускає ультрафіолетову радіацію}. Під дією електричного струму ртутні пари дають яскраве зеленувато-біле світло, багате на ультрафіолетове проміння.

Існують два основні види апаратів для опромінення: апарати із зануреними і незануреними джерелами ультрафіолетових променів. Апарати із зануреними джерелами відзначаються високим коефіцієнтом використання бактерицидної потужності радіації, але конструктивно вони є складними. Апарати з незануреними джерелами у конструктивному відношенні оформлені досить просто, але в них непродуктивно втрачається частина бактерицидної потужності внаслідок розсіювання променів, поглинання їх відбиваючими поверхнями.

Знезараження опроміненням не вимагає додавання у воду хімічних реагентів, не змінює фізико-хімічних властивостей домішок і не впливає на смакові якості води. Але використання методу обмежується високою вартістю обробки води й відсутністю післядії. Короткочасність знезаражуючого ефекту виключає застосування методу, якщо існує небезпека повторного зараження води.

Знезараження води ультразвуковими хвилями. Ультразвуком називають механічні коливання частотою яких вища за поріг чутливості

людського вуха, тобто більше 20 кГц. Велика інтенсивність коливань - одна з особливостей ультразвуку - зумовлює його фізико-хімічну та біологічну дію.

Єдиної теорії, яка пояснювала б досконало бактерицидну дію ультразвуку, на даний час немає. Найбільш вірогідною є гіпотеза, що пояснює дію ультразвуку на бактерії у воді явищем кавітації, тобто утворенням у рідині порожнин та бульбашок, миттєве “закривання” яких підвищує тиск до десятків тисяч атмосфер.

До сьогоднішнього часу дослідження ультразвукових хвиль з метою використання їх на практиці на вітчизняних водопроводах не вийшло із стадії експериментів. За кордоном існують промислові установки.

Термічне знезараження води. Термічний метод знезараження застосовується для невеликих об’ємів води. Цим методом користуються в побутових умовах, в санаторіях, в лікарнях, на суднах, у потягах. Знезараження досягається 5-10-хвилинним кип’ятінням.

Термічний метод знезараження води не знайшов застосування навіть на малих водопроводах через його високу вартість, пов’язану з великими витратами палива, та через малу продуктивність установок.

Ефективність різних методів знезараження води. Серед відомих окисних методів знезараження води найбільше практичне застосування отримало хлорування. В основному використовується рідкий хлор, але можуть застосовуватися і препарати, які містять активний хлор (хлорне вапно, гіпохлорити кальцію і натрію, хлораміни, діоксид хлору та ін.), а також активний хлор, отриманий методом електролізу на місці використання. Світове виробництво рідкого хлору в кінці 80-х років ХХ ст. досягло 30млн т на рік, а його ціна за 1т становила 330 доларів. На очистку і знезараження природних і стічних вод витрачається близько 2млн т хлору (І.Г.Сиркіна та ін., 1988).

Основною особливістю хлору є його здатність консервувати оброблену воду протягом досить тривалих проміжків часу, а відносна доступність і дешевизна зумовили широке використання методу хлорування вже на початку ХХ ст. і до нашого часу.

Застосування на практиці водопідготовки інших окисників (озону, йоду, броду, перманганату калію, пероксиду водню та ін.) як основних реагентів стримується їх дефіцитом, високою вартістю, відсутністю широкомасштабних спеціальних досліджень, багаторічних спостережень за дією на організм людини продуктів їх взаємодії з неорганічними і органічними домішками природних вод (табл. 5.). Так. застосування тільки озонування недостатньо для надійного знезараження питної води через дуже малий період його післядії. Озонування ефективно застосовується для деструкції органічних, токсичних чи важко окиснюваних речовин (М.О.Шевченко та ін., 1979).

Обробка води іонами важких металів (наприклад, срібла) прийнятна для пристроїв незначної продуктивності. Коагулювання, флокулювання і такі

фізичні методи, як γ -опромінення, обробка ультрафіолетовими променями та інші також не забезпечують консервацію води.

Наявність певних недоліків і технологічних труднощів у застосуванні цих методів поки що не дозволяє успішно конкурувати їм з методами хлорування. Їх використання можливе як проведення додаткових заходів, що посилюють, чи коригують методи хлорування в особливих випадках.

Відомо ряд комбінованих методів хлорування води:

- хлорування з амонізацією,
- хлорування з мангануванням,
- хлорсрібний метод та ін.

Хлорування з амонізацією рекомендується у таких випадках:

- за появи хлорфенольних запахів і присмаків;
- для економії хлору за високого хлоропоглинання води і відсутності запахів, присмаків і значного бактеріального забруднення;
- для консервації залишкового хлору у довгих водоводах і мережах з метою забезпечення санітарного режиму;
- для зменшення корозії сталевих водоводів;
- з метою зниження інтенсивності запаху і присмаку хлору, особливо відчутного в літній час;
- для попередження утворення токсичних речовин при хлоруванні води, яка містить гумусові кислоти.

Хлорування з мангануванням (додається розчин KMnO_4) застосовують за необхідністю посилити окисну й бактерицидну дію хлору. Додавати перманганат калію слід перед відстійниками. Відновлюючись до MnO_2 , він повністю затримується у відстійниках і на фільтрах (Таблю 5.2).

Таблиця 5.2. - Характеристика сучасних методів знезараження води (за О.В.Сліпченком, Л.А.Кульським, Є.С.Мацкевичем, 1990)

Метод знезараження	Переваги	Недоліки
Хлорування рідким хлором (доза хлору – 1-10 г/м ³ , контакт – 0,5-1 год)	Має високу дезінфікуючу здатність. Відносно стійкий і зберігає активність тривалий час, легко дозується і контролюється. Може транспортуватися і використовуватися у будь-якому місці. Найбільш дешевий.	Утворює тригалоген-метани, для ліквідації яких необхідна додаткова очистка. Утворює продукти хлорування із запахами (хлорфеноли). Необхідні спеціальні сховища, проміжна ємність для забезпечення годинного контакту, постійний контроль за роботою дозатора. Небезпечна сильно діюча отруйна речовина (СДОР).
Хлорування із	Переваги рідкого хлору	Малі значення виходу активного

застосуванням прямого електролізу природних слабкомінералізованих вод, (доза хлору 1-10 г/м ³ , контакт – 0,5-1 год).	зберігаються. Полегшується дозування і експлуатація. Легко піддається експлуатації. У технологічній схемі відсутні ємності для приготування електроліту. Витрати ручної праці мінімальні.	хлору, необхідність депасивації електродів від гідроксид-карбонатних відкладень. Більш висока електроємність.
Хлорування концентрованими розчинами (хлорне вапно, гіпохлорити Na і Ca; доза хлору 1-10 г/м ³ , контакт – 0,5-1 год).	Переваги рідкого хлору зберігаються. Безпечність застосування.	Гостро дефіцитні. Необхідні додаткові ємності для приготування робочих розчинів, сухі складські приміщення. Швидко втрачають активність. Витрати ручної праці.
Хлорування концентрованими водними розчинами хлормістких речовин (доза хлору 1-10 г/м ³ , контакт – 0,5-1 год).	Переваги рідкого хлору зберігаються. Відносна безпечність при роботі.	Дефіцитні. Швидко втрачають активність (малостійкі). Витрати ручної праці. Необхідність ємностей для розведення і пристроїв для дозування розчинів.

Продовження таблиці 5.2

Метод знезараження	Переваги	Недоліки
Хлорування діоксидом хлору (доза ClO ₂ – 0,3-2,0 г/м ³ , контакт – 0,5 год)	Дезінфікуюча здатність наближується до озону. Не утворює токсичних продуктів хлорування, які мають мутагенну активність.	Висока вартість, технологічні труднощі, можливість використання лише на місці одержання, дефіцитність реагентів.
Хлорування неорганічними хлораминами (доза NH ₂ Cl – 1-5 г/м ³ , контакт – 1-3 год)	Зниження ймовірності утворення тригалогенметанів у воді після хлорування. Значне зменшення доз хлору	Менша окисна здатність і, як наслідок, поява ембріо- і гонадотоксичних речовин при хлоруванні пестицидів, ароматичних амінів та ін.
Йодування, бромування (доза галогену – 0,36-5,0	Дезінфікуюча здатність вища, ніж у хлору. Менша тривалість	Висока вартість, обмежена наявність, технологічні труднощі. Обмеженість застосування.

г/м ³ , контакт – 0,5 год)	контакту з водою, розширення діапазону бактерицидної дії.	Утворює токсичні галогенізовані сполуки.
Озонування (доза озону 1-5 г/м ³ , контакт не менше 0,2 год)	Найбільш висока дезінфікуюча здатність. Продукти окиснення не мають мутагенної активності	Висока вартість, значні технологічні труднощі, висока небезпека експлуатації, необхідність негайного використання води через малу післядію озону.
Обробка перманганатом калію (доза КМпО ₄ - 0,1-2,0 г/м ³ , контакт – 0,1-0,5 год)	Зручний для дезінфекції трубопроводів, оскільки не вимагає спеціального обладнання. Не утворює продуктів з неприємним запахом. Можливе тривале зберігання заготовленого розчину.	Дезінфікуюча дія нижча, ніж у озону і хлору. Дефіцитний, вимагає ручної праці при приготуванні і старанного дозування.
Обробка пероксидом (доза Н ₂ О ₂ – 1-10 г/м ³ , контакт – 0,5-1,0 год)	Менш токсичний, ніж інші окисники. Розширення діапазону бактерицидної дії порівняно з хлором. Не утворює отруйних випаровувань, не леткий.	Висока вартість, технологічні труднощі при дозуванні і контролі. На світлі і при зберіганні руйнується.

Продовження таблиці 5.2

Метод знезараження	Переваги	Недоліки
Обробка іонами важких металів (доза –0,05-5,0 г/м ³ , контакт 1-2 год)	Нескладне обладнання, компактність і надійність в експлуатації, тривала консервуюча дія.	Дефіцитність чистих металів, необхідність точного дозування, вилучення іонів важких металів перед споживанням води.
Коагулювання, флокулювання, фільтрування (доза коагулянту 10-100 г/м ³ , експозиція – 0,1-5,0 год)	Можливість обробки великих об'ємів води, добре вивчені та випробувані.	Необхідність значного реагентного господарства, дозаторів, споруд для відстоювання обробленої води, необхідність виділення і наступного осадження. Значна тривалість процесу.
Обробка γ-	Безреагентний спосіб,	Недостатньо вивчений, жорсткі

опроміненням (доза опромінення $5 \cdot 10^4$ рад, контакт – 0,5 год)	компактний і достатньо надійний при експлуатації.	гігієнічні норми, утрудненні контроль знезараження
Обробка ультрафіолетовими променями (експозиція 1-2 хв)	Дія включно на біологічні об'єкти, можливість не обмежувати дозу обробки. Руйнує тканини	Необхідність ретельної попередньої очистки води від завислих речовин і заліза. Не має післядії. Значні експлуатаційні витрати
Обробка високовольтним розрядом (1-2,5 кВ, 10-25 кГц)	Миттєва дія, можливість повної автоматизації при експлуатації, не вимагає ручної праці	Складна апаратура, великі маси і габарити пристроїв, значна витрата електроенергії
Електричний розряд малої потужності	Те саме	Двоступінчаста обробка, при невеликих швидкостях протікання води, значна витрата електроенергії
Термообробка (100°C ; тривалість – 0,1 год)	Легко здійснювати в польових умовах	Можливість обробки малих кількостей води, висока енергоємність

Продовження таблиці 5.2

Метод знезараження	Переваги	Недоліки
Обробка змінним електричним струмом (напруженість поля 70-130 В/см, експозиція – 6-15 с)	Не вимагає складного обладнання, компактна	Висока енергоємність, призводить до підвищення температури води. Не має післядії
Вакуумування (тиск – 22-13,3 кПа, тривалість – 0,5 год)	Можливість обробки при низьких температурах, які виключають термодеструкцію і зміну якісного складу води.	Обмежена потреба, висока вартість і технологічна складність.
Обробка	Перевага безреагентного	Недостатньо вивчена, висока

ультразвуком (частота – 12-25 кГц, експозиція – близько 0,02 год)	способу знезараження, можливість поєднання з іншими видами дезінфекції.	енергоємність, відсутність промислових зразків обладнання.
Мікрофільтрування (тиск – 0,1-0,2 МПа)	Те саме	Обмеженість періоду експлуатації мембран (до 180 діб), мала продуктивність, відсутність післядії.

Хлорсрібний метод достатньо широко застосовується на суднах морського флоту. Він забезпечує ефективне знезараження води та її консервацію на тривалий строк (до 6 місяців).

Бактерицидну, віруліцидну і окисну дію хлору можна посилити впливом ультразвуку, ультрафіолетового опромінення, електричного струму.

Утворення токсичних хлорорганічних сполук при хлорванні води. Органічний склад природних вод формується за участю ґрунтового і торфового гумусу, планктону, вищої водної рослинності, тваринних організмів, а також органічних речовин, які вносяться у водойми унаслідок розвитку населених пунктів, промисловості й сільського господарства.

При хлорванні води витрати хлору на різні органічними речовинами приблизно такі, % від загальної дози хлору:

Окиснення органічних речовин до CO ₂	50-80
Утворення галогенацетонітрилу	0-5
Утворення тригалогенметанів (ТГМ)	0,5-5
Утворення хлорвмісних сполук (без ТГМ)	1-6
Інші реакції	решта.

Треба чітко знати, що за певних умов при обробці води активним хлором можуть утворюватися небезпечні для здоров'я людини речовини, зокрема: хлороформ (має канцерогенну активність); дихлорбромметан, хлоридбромметан, трібромметан (мають мутагенні властивості); 2, 4, 6-трихлорфенол, 2-хлорфенол, дихлорацетонітрил, хлорпіридин, поліхлоровані біфеніли (є імунотоксичними та канцерогенними).

Основними заходами, які рекомендуються для попередження появи цих небезпечних речовин при хлорванні природних вод, є:

- зменшення концентрації хлору в зоні реакції;
- скорочення тривалості контакту з вільним хлором;
- усунення основної маси органічних речовин коагулюванням і адсорбцією до хлорування;
- заміна попереднього хлорування озонуванням чи обробкою діоксидом хлору.

Граничнодопустимі концентрації таких токсичних сполук, як тригалогенметани (ТГМ), у національних і міжнародних стандартах якості питної води коливаються в широких межах (від 1 до 100 мкг/л), оскільки це питання ще мало вивчене. Так, стандарти ЄЕС вимагають вилучення ТГМ до

1 мкг/л, рекомендації ВООЗ - до 10-30 мкг/л, стандарт США - до 100 мкг/л, а рекомендації нашого Міністерства охорони здоров'я - до 60 мкг/л.

У результаті проведених в останні роки досліджень було встановлено, що у воді можуть бути присутніми токсичні леткі галогенорганічні сполуки (ЛГС). Це в основному сполуки, що відносяться до групи ТГМ: хлороформ, дихлорбромметан, дибромхлорметан, бромформ та інші, які мають канцерогенну і мутагенну активність.

Медиками виявлено взаємозв'язок між кількістю онкологічних захворювань і споживанням населенням хлорованої води, яка містила галогенорганічні сполуки. Для шести високо пріоритетних летких хлорорганічних сполук (ЛХС) Міністерство охорони здоров'я встановило орієнтовно безпечні рівні їх впливу на людину (ОБРВ) з урахуванням бластомогенної активності (табл. 5.3).

Таблиця 5.3. - Високо пріоритетні ЛХС та їх допустимі концентрації у питній воді, мг/л

Сполуки	ОБРВ за токсикологічного ознакою шкідливості	ОБРВ з урахуванням бластомогенної активності
Хлороформ	1	0,06
Чотирхлористий вуглець	0,4	0,006
1,2-Дихлоретан	0,1	0,02
1,1-Дихлоретан	6	0,006
Трихлоретилен	0,8	0,06
Тетрахлоретилен	0,2	0,02

ЛХС можуть потрапляти у питну воду у результаті:

- 1) забруднення джерел водопостачання промисловими стічними водами, які містять ЛХС;
- 2) взаємодії хлору з органічними речовинами, які є у природній воді, в процесі водогідготовки.

Основні концентрації ЛХС утворюються на етапі первинного хлорування води при введенні хлору в неочищену воду. У хлорованій воді виявлено понад 20 різних ЛХС. Найбільш часто відзначається присутність ТГМ і чотирхлористого вуглецю. При цьому кількість хлороформу, як правило, на один-три порядки перевищує вміст інших ЛХС.

З метою оцінки якості води джерел водопостачання відносно ЛХС перш за все визначають їх вміст у природній воді, потім у воді, яка пройшла водопідготовку. Аналізи проводять у різні періоди року (один - два рази на квартал), а також у періоди різкої зміни якості води (водопілля, паводки). За даними аналітичного контролю визначається необхідність зміни технології водопідготовки з метою зниження концентрації ЛХС.

Перспективи хлорування води. З табл. 5.4, у якій наведені дані про світове виробництво і застосування основних хлорвмісних дезінфекантів, видно, що хлор-газ є головним серед них.

Таблиця 5.4. Структура виробництва і застосування хлорвмісних дезінфекантів на 1985 р. (за І.Г.Сиркіною та ін., 1988)

Дезінфекант	Світове виробництво (без країн Східної Європи), млн.т	Обсяги споживання на дезінфекцію води у світі, %
Хлор-газ	26,5	4-6
Гіпохлорит натрію (5-15 % активного хлору)	5,35	35
Гіпохлорит кальцію (55-75 % активного хлору)	0,21	64-66
Хлорне вапно (32-35 % активного хлору)	0,1	10
Діоксид хлору	0,25	10

У світі зростає використання кристалічного гіпохлориту кальцію на 3-4 %, як найбільш зручного і ефективного засобу для дезінфекції води плавальних басейнів і малих систем водообробки. У той самий час з літератури відомо, що скорочуються загальні витрати хлору для обробки води за рахунок удосконалення технологій водоочистки. Зокрема, в США використання хлору з 1980 по 1985 р. знизилося з 552 до 405 тис.т, а в Японії - з 59 до 50 тис.т.

У концепції поліпшення якості питної води в Україні, яку було створено згідно з прийнятою урядом 1991 р. науково-соціальною програмою "Питна вода", передбачено розробку і впровадження сучасних технологій отримання якісної питної води з використанням озону, пероксиду водню, що виключає застосування хлору в технології очистки і запобігає утворенню високотоксичних хлорорганічних сполук.

Контрольні запитання

1. Дайте характеристику груп домішок у природній воді за класифікацією Л.А. Кульського.
2. Що таке водоочистка?
3. Що передбачає водопідготовка?
4. Які методи освітлення, усунення кольоровості, присмаків та запахів?
5. В чому полягає суть процесу коагуляції?
6. Що передбачає метод окислення?

7. Особливості обробки води активованим вугіллям?
8. Як відбувається хлорування води. Методи і концентрації?
9. Як відбувається озонування води?
10. Як відбувається йодування води?
11. Безреагентні методи знезараження води. Переваги та недоліки.
12. Які перспективи хлорування води?

РОЗДІЛ II 1 ВОДОВІДВЕДЕННЯ

1.1 Основні відомості про стічні води. Класифікація стічних вод

Водовідведення – це повернення води водокористувачами після її використання у виробничих процесах, в комунальному господарстві. Повернені води кількісно визначаються різницею між використанням свіжої води і безповоротними втратами.

Зворотна вода – це вода, яка повертається за допомогою технічних споруд і засобів з господарської ланки у вигляді стічної, шахтної, кар'єрної або дренажної води.

Вода стічна – це вода, що утворюється в процесі господарчо-побутової і виробничої діяльності (окрім шахтної, кар'єрної і дренажної води), а також відведена із забудованої території, на якій вона утворилася в результаті випадання атмосферних опадів.

Стічні (з позицій каналізації) води - це води, які були використані для тих або інших потреб і одержали при цьому додаткові домішки (забруднення), які змінили їх первинний хімічний склад або фізичні властивості.

У водогосподарській практиці за ступенем забруднення стічні води розділяються на:

- неочищені (що зовсім не очищаються від забруднюючих речовин)
- недостатньо очищені (очищені, але не доведені до якості, відповідного правилам відведення стічних вод)
- нормативно очищені (стічні води, відведення яких не приводить до порушення норм якості води у водному об'єкті).

За походженням стічні води розділяються на чотири основні категорії:

- господарчо-побутові
- промислові
- сільськогосподарські
- зливові або дощові (з територій міст і населених пунктів).

До *господарчо-побутових* відносять води від кухонь, туалетних кімнат, душових, лазень, пралень, їдалень, лікарень і тому подібне. Стічні води в містах утворюються в процесі людської життєдіяльності. Їх джерелом є житлові приміщення, підприємства. Крім того, різновидом стічних вод міста є атмосферні опади (що стікають з території населених пунктів і особливо промислових підприємств) і води, які використовували для поливу вулиць. Стічні води, особливо перших двох груп, містять значну кількість забруднюючих речовин мінерального і органічного походження. Неорганізоване видалення стічних вод приводить до антисанітарних умов, які можуть бути причиною епідеміологічних захворювань. Господарчо-побутові стічні води в різних містах мають приблизно однаковий склад: близько 60-65

% забруднень господарсько-фекальних вод органічного походження; 35-40 % - мінерального. Крім того, господарсько-фекальні стічні води містять значну кількість бактерійних забруднень.

Промислові стічні води – це води, використані в технологічних процесах, після чого вони не відповідають вимогам цих процесів до їх якості і повинні бути видалені з підприємства. До цих вод відносять також води, відкачані на поверхню землі під час видобутку корисних копалин (нафти, вугілля, руди і тому подібне). По своєму складу вони різноманітні. Забруднення промислових стічних вод обумовлене технологією виробництва і видалення відходів. Серед промислових стічних вод виділяють умовно чисті води, води, близькі по складу до господарсько-фекальних, і води, скидання яких може привести до важких наслідків для людини, тварин і рослинності.

Класифікації виробничих стічних вод

За **типами забруднень** промислові стічні води можна розподілити на три групи:

1) води, забруднені переважно мінеральними домішками (стічні води підприємств, які виробляють мінеральні добрива, кислоти, будівельні вироби і матеріали, стічні води добувних підприємств і тому подібне);

2) води, забруднені переважно органічними домішками (стічні води підприємств хімічної і нафтохімічної промисловості, виробництва полімерних плівок, каучуку і тому подібне);

3) стічні води, забруднені мінеральними і органічними домішками (нафтопереробна, нафтовидобувна, легка, харчова промисловість, органічний синтез).

За **ступенем мінералізації** стічні води також розділяють на три групи

➤ Першу групу складають стічні води з мінералізацією до 3 кг/м^3 , їх можна знесолювати методами іонного обміну.

➤ До другої групи відносяться стічні води з мінералізацією від 3 до $10\text{--}15 \text{ кг/м}^3$. Для знесолювання таких вод доцільно застосовувати лише термічні методи.

➤ До третьої групи слід віднести стічні води з мінералізацією понад 15 кг/м^3 , знесолювання яких доцільно здійснювати лише термічними методами.

За **концентрацією органічних домішок** промислові стічні води розділяють на чотири категорії:

- I – до 500 мг/л ;
- II – $500\text{--}5000 \text{ мг/л}$;
- III – $5000\text{--}30\,000 \text{ мг/л}$;
- IV – понад $30\,000 \text{ мг/л}$.

За **ступенем агресивності**:

- неагресивні (рН $6,5\text{--}8,0$)
- слабо агресивні (рН $6,0\text{--}6,5$ і рН $8\text{--}9$)
- сильно агресивні (рН < 6 і рН > 9).

Об'єм промислових стічних вод залежить від ступеня водоспоживання і водовідведення.

Нормою відведення є встановлений середній об'єм стічних вод, що відводяться від підприємства у водоймища, при доцільній нормі водоспоживання.

Норма водовідведення включає об'єм стічних вод, які випускаються у відкрите водоймище, - виробничих, таких, що не потребують очищення; фільтраційних із ставків-охолоджувачів, хвостохранилищ і шламонакопичувачів.

За відсутності норм водовідведення об'єм стічних вод визначають розрахунком, виходячи з регламенту виробництва. Об'єм промислових стічних вод, які потрібно очищати за добу, визначають за формулою:

$$Q_{доб} = N \cdot M, \quad (1.1)$$

де N – норма водовідведення на одиницю продукції або сировини, що переробляється, з урахуванням водообороту, m^3 ;

M – кількість одиниць продукції або маса сировини, що переробляється, за добу.

Об'єм побутових стічних вод підприємства визначають витратами стічних вод від душових установок, їдалень, пральних цехів і тому подібне. Витрати душових стічних вод Q розраховують за формулою:

$$Q = 0,375 N_d, \quad (1.2)$$

де N_d – кількість душових установок підприємства.

Значення N_d залежить від санітарних норм технологічного процесу виробництва і загальної кількості робочих. Орієнтовно величина N_d складає в текстильній промисловості 10 %, у машинобудівній – 25 %, у хімічній, металургійній, металообробній, целюлозно-паперовій – 40 %, харчової, шкірної промисловості будівельних матеріалів – 75 % чисельного складу робочих, які користуються душами.

Каналізація – це комплекс інженерних споруд, устаткування і санітарних заходів, які забезпечують забір і відведення за межі населених пунктів і промислових підприємств забруднених стічних вод, їх очищення і знезараження перед утилізацією або скиданням у водоймища.

Використовують два способи каналізації стічних вод.

➤ - у міську каналізаційну мережу скидають господарчо-побутові і промислові стічні води, скидання яких в міську каналізацію допускається. Зливові води збираються окремо і без очищення прямують в найближче водоймище. Ця система каналізації носить назву *роздільної*;

➤ - у міську каналізаційну мережу скидають стічні води всіх видів. Ця система називається *загальносплавною*, всі стічні води поступають на очисні споруди, скидання зливових вод без очищення у водоймища відсутнє.

При виборі системи каналізації визначальну роль грають:

➤ якість стічних вод

- їх кількість
- скидання у водоймище
- територіальне розташування промислових об'єктів
- можливість оборотного водопостачання.

Особлива увага приділяється складу стічних вод підприємств. Високі або низькі температури, кислотність стічних вод, наявність токсичних речовин можуть серйозно погіршити процес очищення і викликати забруднення джерела води.

Схемою каналізації називають технічно і економічно обгрунтоване рішення прийнятої системи каналізації з урахуванням місцевих умов і перспектив розвитку об'єкту каналізації міста, села, промислового або житлового району. Залежно від рельєфу місцевості всю територію населеного пункту розділяють на басейни каналізації, тобто ділянки, обмежені вододілами.

У кожному басейні стічні води по *підземних каналізаційних трубах збирають в один або декілька колекторів*. Стічні води сплавляють по колекторах самоплив.

З *районних мереж* стічні води поступають в *районні насосні станції перекачування для подачі стічних вод безпосередньо до очисних споруд, звідки очищені стічні води скидають у водні об'єкти*.

Виділяють внутрішню і зовнішню каналізацію. *Внутрішня* служить для прийому стічних вод в місцях їх освіти і відведення її від будинків в зовнішню каналізаційну мережу. Елементами внутрішньої каналізаційної мережі є санітарне устаткування, відвідні труби, стояки і випуски із споруд.

Зовнішня каналізація призначена для транспортування стічних вод за межі населених пунктів і підприємств, включає трубопроводи (самопливні і напірні), насосні станції і очисні споруди. Зовнішні вуличні каналізаційні мережі міст є достатньо складними схемами, конфігурація яких визначається плануванням міста і рельєфом місцевості. Ця особливість каналізаційної мережі обумовлена тим, що стічні води спускаються самопливом.

Таким чином, збір, відведення, очистка і скидання стічних вод здійснюється каналізаційними системами (або мережами), які складаються із таких елементів:

- 1) внутрішнього домового або цехового каналізаційного обладнання;
- 2) зовнішньої внутрішньоквартальної каналізаційної мережі;
- 3) зовнішньої вуличної каналізаційної мережі;
- 4) насосних станцій;
- 5) напірних трубопроводів;
- 6) очисних споруд;
- 7) випуску стічних вод у водоймище.

Для спостереження за функціонуванням каналізаційної мережі, її промивки і очищення служать *каналізаційні колодязі*. Виділяють каналізаційні колодязі оглядові, перепадові і промивні.

Оглядові колодязі бувають

- лінійними, їх обладнують на прямолінійних ділянках мережі;
- поворотними - в місцях зміни напрямку траси;
- вузловими - коли з'єднуються декілька ліній;
- контрольними - в місцях приєднання дворової або внутрішньоквартальної мережі до вуличної.

Перепадні колодязі влаштовують при істотній різниці відміток труб, що підводять і відвідної.

Промивні колодязі служать для розмиву опадів, які утворюються в трубах при малих швидкостях руху стічних вод.

Мінімальна глибина закладки каналізаційної мережі, яка залежить від глибини промерзання ґрунту, повинна також бути достатньою для збереження труб від руйнування наземним транспортом (1,5 – 2 м).

Вибір матеріалу труб для прокладки каналізаційної мережі залежить від призначення трубопроводу. Самопливна мережа виконується з керамічних, азбоцементу, бетонних і залізобетонних труб, а колектори великих діаметрів - із залізобетонних труб або збірних залізобетонних елементів. Для напірних трубопроводів застосовують металеві, азбоцементні і залізобетонні труби. Можливо використання труб з синтетичних матеріалів.

Основним параметром є *діаметр* каналізаційної труби. Для кожного діаметру труб встановлені мінімальні допустимі ухили і швидкості протікання стічної води, а також максимально допустиме наповнення труб.

Під ухилом труби розуміють безрозмірні відношення висоти падіння труби на ділянці мережі до довжини ділянки:

$$u = h / l, \quad (1.3)$$

де h - падіння труби, м;

l – довжина ділянки, км.

Правильне проектування каналізаційної мережі пов'язане з таким поняттям як наповнення. *Під наповненням труби* розуміють безрозмірне відношення висоти шару рідини до діаметру труби. Неповне наповнення в каналізаційних трубах грає важливу роль. По-перше, вільний простір забезпечує вентиляцію мережі і видаленню з неї метану, який утворюється в результаті розкладання органічних забруднень. По-друге, неповне наповнення служить резервною місткістю на випадок скидання значних кількостей стічних вод в аварійних ситуаціях.

Визначення розрахункової витрати пов'язане з нерівномірністю водовідведення. Облік нерівномірності водовідведення проводиться за допомогою *коефіцієнтів нерівномірності*, які є відношенням максимальної витрати до середньої.

Середня витрата побутових вод залежить від впорядкування будівель. Норми водовідведення побутових стічних вод для різного ступеня впорядкування будівель приведені в таблиці. 1.1

Таблиця 1.1 - Норми водовідведення побутових стічних вод для населених пунктів

Ступінь впорядкування районів житлової забудови	Норма водовідведення на одного мешканця, середньодобова, (за рік), л/діб
Забудова домами, обладнаними внутрішнім водопроводом та каналізацією, без ванн	125 – 160
Забудова домами, обладнаними внутрішнім водопроводом та каналізацією і ваннами з місцевими водонагрівачами	160 - 230
Забудова домами, обладнаними внутрішнім водопроводом та каналізацією і системою централізованого гарячого водопостачання	230 - 350

Звичайно в містах протягом доби виділяються три найбільш значні піки концентрацій забруднювальних речовин:

- уранішній (перед роботою);
- денний (відповідає обідній перерві);
- вечірній (коли люди готуються до сну).

При цьому уранішній пік є гострим, оскільки він короточасний, денний також декілька загострений, а вечірній - розмитий.

Майже у всіх містах сумарна добова концентрація основних компонентів стічних вод в буденні дні звичайно більше, ніж у вихідні. Якщо розглядати піки протягом року, то взимку концентрації більше, оскільки величина використання води менша, ніж влітку, тому менше розведення.

Склад господарсько-побутових стічних вод змінюється у великих межах (Табл.. 1.2).

Таблиця 1.2. – Приблизний склад господарсько-побутових стічних вод

Показник	Значення показника, мг/дм ³
Завислі речовини	170 – 300
БСК ₅	120 – 220

БСК _{повн}	150 – 250
Перманганатна окислюваність	50 – 60
Біхроматна окислюваність	300 – 450
Азот амонійний	10 – 20
Азот загальний	10 – 25
Фосфор загальний	5 - 10

Побутові стічні води від промислових підприємств залежать від температурних умов роботи на підприємствах. Ці норми наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3. - Норма витрати води у виробничих будівлях, л

Цех	Норма водовідведення на одну людину за зміну	Норма витрати під час найбільшого водоспоживання	
		загальна (в тому числі гарячої води)	холодної води
З тепловиділенням більше 83,8 Дж, (більше 20 ккал) на 1м ³ /рік	45	14,1	5,7
С тепловиділенням менше 83,8 Дж, (менше 20 ккал) на 1м ³ /рік	25	9,4	5,0

Коефіцієнт нерівномірності притоку побутових стічних вод в значній мірі залежить від величини притоку. Це обумовлено тим, що чим більша чисельність населення, яка визначає приток, тим менше вірогідність одночасного використання і невикористання санітарних приладів. Загальний коефіцієнт нерівномірності притоку побутових стічних вод наведений в таблиці 1.4.

Насосні станції перекачки повинні забезпечити надійний відвід стічних вод за максимального водовідведення і разом з тим забезпечити рівномірну перекачку стоків на очисні спорудження.

Таблиця 1.4. –Загальні коефіцієнти нерівномірності водовідведення побутових стічних вод населених пунктів ($K_{заг}$) в залежності від середньої витрати стічних вод ($q_{сер}$)

$q_{сер}$	$K_{заг}$	$q_{сер}$	$K_{заг}$
До 5	3	200	1,4
15	2,5	300	1,35
30	2	500	1,25

50	1,8	800	1,2
100	1,6	1250 і більше	1,15

При дослідженні стічних вод основна увага приділяється не окремим компонентам, а груповим, що характеризують ступінь розкладання органічних речовин.

Основні задачі аналізу міських стічних вод:

- 1) визначення кількості і складу забруднювальних речовин (за хімічними і бактеріологічними показниками), на основі яких може бути проведений вибір методів очищення і конструкцій біологічних очисних споруд;
- 2) визначення наявності і концентрації цінних домішок, які доцільно вилучати із стічних вод в процесі очищення;
- 3) встановлення впливу стічної рідини на матеріали, з якими їм доведеться контактувати;
- 4) виявлення наявності токсичних домішок;
- 5) об'єктивна оцінка ефективності роботи очисних споруд.

При аналізі стічних вод велике значення має час узяття проби. З урахуванням нерівномірності надходження стічних вод, різниці їх складу в часі для аналізу повинні відбиратися середньодобові проби. Для бактерійного аналізу проби міських стічних вод необхідно відразу ж доставляти в лабораторії і починати їх дослідження, тому що з часом у них починається швидке розмноження бактерій і дійсна картина якості буде порушена.

В Україні розроблені та діють “Правила приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів України”, в яких викладені вимоги до складу і властивостям стічних вод підприємств для безпечного їх відведення каналізаційною мережею (Табл.1.5).

Таблиця 1.5. - Вимоги до складу і властивостям стічних вод

№	Показники якості стічних вод	Допустимі величини
1	Температура	не вище 40°C
2	pH	6,5 – 9,0
3	БСК, г/куб.м	не більше 350
4	Завислі и спливаючі речовини, г/куб.м	не більше 500
5	Нерозчинні масла, смоли, мазут	не допускаються
6	Нафта, нафтопродукти, г/куб.м	не більше 20

7	Жири рослинні і тваринні, г/куб.м	не більше 50
8	Хлориди, г/куб.м	не більше 350*)
9	Сульфати, г/куб.м	не більше 400*)
10	Сульфіди, г/куб.м	не більше 1,5
11	Кислоти, пальні суміші, токсичні і летючі газоподібні речовини, здатні утворювати в мережах і спорудах токсичні гази	не допускаються
12	Концентровані маточні і кубові розчини	не допускаються
13	Будівельне, промислове, господарсько-побутове сміття, ґрунт, абразивні речовини	не допускаються
14	Радіоактивні речовини**), епідеміологічно небезпечні бактеріальні і вірусні забруднення	не допускаються

*) Ці нормативи збільшуються відповідно до вмісту даних солей у воді місцевого водопровода

**) До уваги приймаються радіоактивні забруднення з активністю, яка перевищує фон місцевого господарсько-побутового стоку.

1.2 Вибір схеми і системи каналізації

При проектуванні споруд Водоканалу, а також при аналізі роботи очисних споруд необхідно визначити найбільш прийнятні схему (централізована, децентралізована, змішана, часткова) і систему (загальносплавна, повна роздільна, неповна роздільна, комбінована, напівроздільна) каналізації населеного пункту (табл.1.6).

Із всіх варіантів найбільше приваблива з гігієнічної точки зору централізована схема каналізації, оскільки в цьому випадку будуть зібрані всі стічні води, відведені за межі населеного пункту і знезаражені на очисних спорудах. Полегшується санітарний нагляд за процесом відведення стічних вод з населеного пункту і за роботою очисних споруд.

Таблиця 1.6. - Вибір схеми каналізації при централізованій системі водопостачання

Схема каналізації	Система забудови	Густота населення, чол/га
-------------------	------------------	---------------------------

Централізована	Багатоповерхова	Більше 89
Децентралізована	Багатоповерхова	Менше 70
Змішана	Велика різниця між окремими районами за густотою населення і забудови	70 –150
Часткова	Населений пункт, що будується або реконструюється	50 - 200

Важливою характеристикою є ступінь охоплення населеного пункту каналізацією. Вона визначається як відношення довжини каналізаційної мережі до довжини водопровідної або як відношення об'єму води, що подається водопроводом, до об'єму стічних вод, що скидаються. Це співвідношення задовільно при величинах від 0,6 до 1,0, причому чим вищим є показник, тим більшою мірою населений пункт охоплений каналізацією.

Вибір тієї або іншої системи каналізації залежить від ряду чинників (табл.1.7). По санітарних міркуваннях ефективніша загальносплавна система каналізації за умови глибокого очищення всіх стічних вод, які надходять на очисні споруди. При повної і неповної роздільної, а також комбінованої систем каналізації потрібно старанно перевіряти умови випуску і очищення дощових і промислових стічних вод.

Таблиця 1.7. - Вибір системи каналізації

Система каналізації	Рельєф місцевості	Кількість насосних станцій	Інтенсивність дощу, л/с·га (20 хвил)	Спеціальні вимоги
Загальносплавна	Спокійний	До 3 при висоті підйому стічних вод до 20м	До 80	Стічні води можуть бути скинуті у водний об'єкт після механічної очистки
Повна роздільна	Сильно пересічний	Більше 3	Більше 80	Необхідність біологічної очистки

Продовження таблиці 1.7

Система каналізації	Рельєф місцевості	Кількість насосних станцій	Інтенсивність дощу, л/с·га (20 хвил)	Спеціальні вимоги
	Те ж	Більше 3	До 70	Необхідно розглядати як першу чергу будівництва повної роздільної системи для населених

				пунктів з населенням до 50000 чол
Комбінована	Те ж	До 3	До 80	Необхідно застосовувати у містах з населенням більше 100 000 чол, окремі райони яких відрізняються між собою характером забудови, ступенем впорядкування, рельєфом
Полуроздільна	Те ж	До 3	До 80	Особливі вимоги до скиду дощових вод у внутрішні міські водойми

Контрольні запитання

1. Що таке «водовідведення»?
2. Що таке «стічна вода»?
3. Як утворюються промислові стічні води?
4. Як утворюються господарсько-побутові стічні води?
5. Як утворюються зливові стічні води?
6. Які принципи класифікації промислових стічних вод? Класи стічних вод.
7. Склад систем каналізації.
8. Функції внутрішньої каналізаційної мережі.
9. Функції зовнішньої каналізаційної мережі.
10. Які види каналізаційних колодців і для чого вони призначені?
11. Які схеми каналізаційних систем?
12. Як визначаються норми водовідведення?
13. Що таке наповнення труби?
14. Які вимоги до стічних вод для їх надходження у комунальні та відомчі системи каналізації населених пунктів?
15. Як відбувається вибір схеми каналізаційної мережі?
16. Які основні задачі аналізу міських стічних вод?
17. Чим зумовлена нерівномірність водовідведення?
18. Як визначається коефіцієнт нерівномірності водовідведення?

2 МЕТОДИ ОЧИСТКИ СТИЧНИХ ВОД

Більшість підприємств характеризується постійністю витрати і складу стічних вод, але можуть мати місце короточасні зміни технологічних процесів, залпові скиди відпрацьованих технологічних розчинів, швидке танення снігу або рясні дощі. Ці чинники можуть викликати суттєві зміни у витратах і складі стічних вод. В ряді випадків високі концентрації забруднювальних речовин стічних вод виявляються токсичними для водойми або руйнують труби каналізації. В той же час малі концентрації цих забруднюючих речовин є не шкідливими для водойм і безпечними для каналізаційної мережі.

Усереднення концентрації забруднюючих речовин дозволяє поліпшити процес очистки, а в окремих випадках навіть обійтися без спеціальних споруд для очистки стічних вод. Вирівнювання складу стічних вод відбувається в спеціальних спорудах-усереднювачах (ставки-усереднювачі, резервуари-усереднювачні), де змішуються промислові води з різними концентраціями забруднюючих речовин.

Ефективність змішування у ставках-усереднювачах, як правило, недостатньо висока і залежить від природних умов (переміщення потоку води, вітрових течій, дощу, змін температури).

Усереднення стічних вод у резервуарах-усереднювачах (звичайно невеликі ємності) відбувається за рахунок примусового перемішування стічних вод з водою резервуарів. Це досягається шляхом обладнання системи перетинок, які збільшують кількість струменів у потоці, установкою механічних змішувачів.

Необхідні ємності та розміри усереднювачів визначаються на основі даних про коливання концентрації забруднюючих речовин у стічних водах і потрібного ступеня концентрації. У разі достатньої циклічності зміни складу стічних вод розрахунки значно спрощуються. Середня концентрація стічних вод визначається за формулою, мг/л:

$$C_{\text{ср}} = (g_1 \cdot C_1 + g_2 \cdot C_2 + \dots + g_n \cdot C_n) / Q, \quad (2.1)$$

де g_1, g_2, g_n - погодинні витрати в межах одного циклу, м³/с;

C_1, C_2, C_n - концентрації забруднюючих речовин у погодинних витратах стічних вод, мг/л;

Q - витрата стічних вод за цикл, м³/с.

За відсутності вираженої закономірності коливання складу стічних вод розрахунок слід вести за найбільш несприятливий період зміни концентрації, тривалість якого не повинна перевищувати 24 год.

2.1 Механічні та фізико-хімічні методи очистки

Механічну очистку застосовують для видалення з стічних вод нерозчинних мінеральних і органічних забруднень, які відокремлюють шляхом

- проціджування
- відстоювання
- фільтрування
- центрифугування.

У основі фізичних (механічних) методів лежить використання інерційних і відцентрових сил, сил тяжіння, тобто суто фізичні сили і процеси.

Звичайно вони використовуються як попередні методи очищення. При цьому забезпечується виділення завислих речовин на 90-95% і зниження органічних забруднень (по БСК_{повн.}) на 20-25%.

Проціджування. Первинна стадія очищення стічних вод, призначена для видалення крупних нерозчинних, плаваючих домішок розміром до 25 мм. Попадання таких домішок в подальші очисні споруди може привести до поломки рухомих частин устаткування, засмічення труб і каналів. Для цього на шляху руху стічних вод встановлюють *грати*, які виготовляють з металевих стержнів із зазором між ними 15-20 мм. Їх встановлюють в колекторах вертикально або під кутом 60-70° до горизонту. При експлуатації ґрат повинні безперервно очищатися. Ґрати з ручним очищенням встановлюють, якщо кількість забруднень не перевищує 0,1 м³/сут. При більшій кількості забруднень встановлюють ґрати з механічними граблями. Домішки, зняті з ґрат або подрібнюють на спеціальних дробарках і скидають в потік стічних вод перед ґратами, або направляють на переробку.

Відстоювання. У грубодисперсному стані в стічних водах знаходяться найрізноманітніші речовини (окалина, пісок, вугільний пил, волокно деревини, жири, нафта). Відповідно до питомої ваги їх можна розділити на дві групи:

- речовини, які тонуть (питома вага більше 1)
- речовини, які спливають (питома вага менше 1).

Для осадження грубодисперсних домішок першої групи використовують пісколовки, в яких частинки віддаляються під дією сил тяжіння. Осад збирається в поглибленні на дні, звідки його направляють у відвал або на переробку.

Для виділення частинок розміром менше 0,25 мм використовують відстійники. Ця основна споруда механічного очищення стічних вод. Розрізняють первинні відстійники, які встановлюють перед спорудами біологічного або фізико-хімічного очищення і вторинні, які служать для відділення осаду після хімічних методів очищення, активного мула або біоплівки.

Видалення речовин другої групи відбувається в нафтоловушках, жироловушках.

Освітлювачі. Через них пропускають воду, заздалегідь оброблену коагулянтами. Одночасно з відстоюванням відбувається фільтрація стічних вод через шар зважених частинок. Воду з коагулянтом подають в нижню частину освітлювача. Пластівці коагулянта і зважені речовини піднімаються висхідним потоком до тих пір, поки швидкість їх випадання не стає рівній швидкості висхідного потоку. Вище за цей рівень відстійника утворюється шар зваженого осаду, через який фільтрується освітлена вода. При цьому спостерігається процес прилипання частинок суспензії до пластівців коагулянта. Осад віддаляється в осадощільнювач, а освітлена вода поступає на подальше очищення.

Фільтрування. Призначено для очищення стічних вод від тонкодисперсних домішок з невеликою концентрацією тих, що не осіли при відстоюванні, а також після фізико-хімічного або біологічного очищення. Розділення відбувається за допомогою пористих перегородок, проникних рідину і що затримують диспергированную тверду фазу.

Для фільтрування використовують різні по конструкції фільтри. Основні вимоги до них: висока ефективність виділення домішок і максимальна швидкість фільтрування.

Фільтр із зернистою перегородкою – це резервуар, в нижній частині якого є дренажний пристрій для відведення очищеної води. На дренаж укладають шар підтримуючого матеріалу, а потім що фільтрує матеріал. Завантаження фільтрів може бути одношаровим або багатшаровим. Ефективніше працюють багатшарові фільтри.

Для видалення із стічних вод феромагнетиків застосовують магнітні фільтри, які забезпечують ступінь очищення 80%.

Фільтрування емульгованих речовин (масел, нафтопродуктів) проводять через фільтри із завантаженням з пенополіуретана. При фільтруванні емульсії велике значення має характер поверхні фільтру – гідрофобний або гідрофільний. При гідрофобній поверхні адгезія відокремлюваних частинок на завантаженні фільтру сильніше, ніж при гідрофільній, оскільки на гідрофільній поверхні є гидратная плівка і прилипання частинок ЗВ відбувається тільки там, де вона порушена.

Інтенсифікацію процесу осадження зважених частинок здійснюють дією *відцентрових сил* в гідроциклонах і центрифугах.

Гідроциклои. Відцентрові сили в гідроциклоні виникають в тангенціально направленому про потік, що обертається. Обертальний рух рідини приводить до сепарації частинок, їх відкидає до периферії потоку, вони агломерують (збільшують розміри). Частина потоку з важкими частинками йде з нижньої частини гідроциклона. Освітлена частина потоку розгортається і виходить з верхньої частини гідроциклона.

Центрифуги. Відділення осаду в них відбувається в результаті обертання суспензії в перфорованому барабані, обтягнутому сіткою або фільтрувальною тканиною. Осад залишається на внутрішній поверхні барабана.

З центрифуг безперервної дії осідань вивантажують пульсуючим або шнековим способом.

До фізико-хімічних способів очищення стічних вод відносяться:

- флотація
- екстракція
- адсорбція
- коагуляція.

Установки, флотацій, використовуються у випадках, коли нерозчинні речовини в стічній рідині практично не відстоюються. Ці речовини приєднуються до повітряних бульбашок і виносяться ними на поверхню води, де утворюють шар флотопены. При цьому у воду додають спеціальні речовини – піноутворювачі, що знижують поверхнєве натягнення, що сприяє прилипанню бульбашок повітря до зважених домішок.

Екстракція. Екстракційний метод очищення полягає в обробці стоку певним розчинником, який не розчиняється у воді (екстрагентом) і в якому добре розчинні що забруднюють воду домішки. Метод заснований на законі розподілу

$$K = C_{орг}/C_{св} \quad (2.2)$$

Екстракційним очищенням можна видалити органічні домішки (анілін, фенол, оцетова кислота). Як екстрагенти використовуються органічні розчинники (бензол, чотирихлористий вуглець, мінеральні масла).

Адсорбція. Адсорбція – концентрація молекул забруднювальних речовин на поверхні розділу фаз (тверда–рідка). Розрізняють адсорбцію в статичних умовах (при цьому подрібнений сорбент вводиться в стічну рідину) і динамічних (стік фільтрується через шар сорбенту). Як адсорбенти можуть використовуватися активне вугілля, цеоліти, торф.

Коагуляція. У практиці обробки стічних вод коагуляція використовується для прискорення процесу усунення колоїдно-розчинних домішок.

2.2 Хімічні методи очищення

Нейтралізація є важливим хімічним способом загального процесу регуляції величин рН, доведення реакції стічної рідини до нейтральної (рН 7). Для нейтралізації кислих вод використовують як розчинні, так і слабо розчинні у воді реагенти. До перших відносяться: вапно, їдкий натр, сода; до других - оксид і гідроксид магнію, карбонати кальцію і магнію.

Осадження іонів металів. Як правило, кислі СВ, обробки металів, що утворилися в процесах, містять іони заліза і ИТМ. У цих випадках

нейтралізація супроводжується реакціями хімічного осадження металів у вигляді труднорастворимих гідроксидів. При нейтралізації кислих СВ реагенти витрачаються як на зниження концентрації в них H^+ - іонів, так і на утворення гідроксидів важких металів.

Значення рН, відповідних початку і закінченню осадження гідроксидів важких металів у водних розчинах приведені таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. - Величини рН осадження гідроксидів металів

Катіон	Початок осадження	Повне осадження
залізо(2)	7,5	9,7
залізо(3)	2,3	4,1
цинк(2)	6,4	8,0
хром(3)	4,9	6,8
нікель(2)	7,7	9,5
алюміній(3)	4,0	5,2
кадмій(2)	8,2	9,7
свинець(2)	7,8	9,3

Електрохімічний метод вилучення розчинених електролітів (домішок 4-Б групи за класифікацією Кульського) заснований на використанні електродіалізу і електроосмосу. Спрощена схема установки для електрохімічного знесолення і опріснення являє собою ємність, яку розділено двома дірчастими перетинками 3 і 4 на три камери (катодну, робочу і анодну) із зануреними в крайні комірочки електродами 1 і 2 (рис. 2.1.).

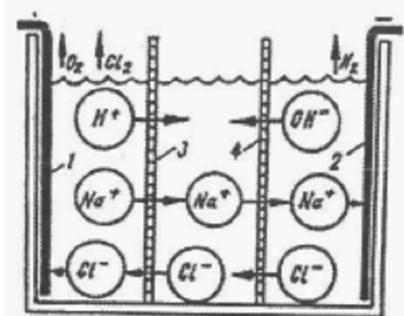


Рис. 2.1. Схема електрохімічного видалення розчинених електролітів в трикамерному електролізері

Після заповнення ванни водою, яку слід обробляти, і вмикання постійного струму спостерігається перенесення іонів у крайні комірочки (катіонів розчинених у воді солей до катода, а аніонів до анода) й опріснення води в середній камері.

При цьому на катоді відбувається утворення вільного водню, на аноді - виділення кисню, тобто підкислення анодної рідини й підвищення катодної лужності.

Ці камери є проточними і сполучаються послідовно. Для мембран використовуються хімічно і механічно стійкі матеріали: перхлорвінілова тканина, мікропористий вініпласт. Матеріалом для катода служить нержавіюча сталь, для анода - магнетит.

2.3 Біохімічні методи очищення стічних вод

Біологічні методи очищення стічних вод полягають в розкладанні і мінералізації аеробним або анаеробним шляхом колоїдних і розчинених органічних речовин, які не можуть бути вилучені механічним шляхом.

Міські стічні води є сприятливим середовищем для життєдіяльності різних груп мікроорганізмів, тому що в них знаходяться всі необхідні живильні речовини - білки, жири, вуглеводи - і численні неорганічні сполуки. Для нормальної життєдіяльності клітини необхідні такі елементи: N, Al, Bг, V, H, Fe, I, K, Co, O Si, Mn, Mg, Cu, S, P, C, F, Zn. Всі вони є в міських стічних водах.

Величезна кількість мікробів в міських стічних водах зумовлює постійне розкладання різних компонентів цих вод. Відповідно в стічних водах залишаються сполуки з невеликим енергетичним запасом. В результаті життєдіяльності мікробів в стічну рідину виділяються водень і інші сполуки. Якщо водень не вилучати із стічної рідини, то реакція розкладання закінчиться сама. Але в стічних водах є акцептор водню - кисень, джерелом надходження якого може бути дифузія його з атмосфери, фотосинтетична діяльність водоростей і вищої водної рослинності (біологічні фільтри, біологічні ставки), а також розкладання нітратів, нітриту і сульфатів. В результаті реакції кисню з воднем утворюється перекис водню, який в свою чергу відновлюється до води.

Процеси бактерійної діяльності безперервно змінюють окислювально-відновний потенціал стічних вод. При відновних процесах на анаеробних очисних спорудах окислювально-відновний потенціал падає, досягаючи негативних величин. На аеробних очисних спорудах, коли кількість бактерій значно зменшується, відбувається підвищення окислювального потенціалу, і він досягає позитивних величин. Важливо знати, що поза бактерійною життєдіяльністю, наприклад, в тих водах, де вона є повністю пригніченою, окислювально-відновний потенціал стічних вод не змінюється. На очисних спорудах окислювач, як правило, вводиться із зовнішнього середовища. Таким окислювачем є кисень, що не виключає можливості окислення одних компонентів стічних вод за рахунок інших.

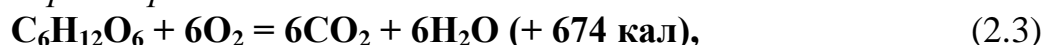
При достатній концентрації розчиненого кисню органічні речовини з мінімально окисленого стану переходять в максимально окислене. В результаті цього процесу органічні речовини, що містять вуглець, перетворюються на вуглекислоту і воду, що містять сірку - на сульфати, що містять азот - на нітрати. Окислюються не тільки органічні компоненти, але і

неорганічні. Відбувається окислення солей заліза (II) в солі заліза (III), іонів двовалентного марганцю в діоксид марганцю і тому подібне. У цьому напрямі процеси протікають за наявності і стічній воді розчиненого кисню. Активними учасниками процесів є мікроби. Це аеробні біохімічні процеси.

Аеробні біохімічні процеси відбуваються в міських стічних водах в певній послідовності залежно від величини окисленості компонентів. Речовини, що містять вуглець, мають нижчий ступінь окисленості в порівнянні з солями амонія. Тому в аеробному процесі спочатку окислюються органічні речовини, що містять вуглець, до вуглекислоти і води, і лише потім починається окислення солей амонія до нітриту і нітратів.

Анаеробні біохімічні процеси використовуються для переробки твердої фази міських стічних вод; для цих процесів характерним є зброджування за дуже високої концентрації органічної речовини. Загальна спрямованість біохімічних процесів полягає в розкладанні органічних речовин, які містять вуглець, з утворенням жирних кислот і з наступним розкладанням їх на водень, вуглекислоту, метан та інші сполуки. Швидкість розкладання органічних речовин в анаеробних умовах є значно меншою, ніж в аеробних. Це видно з прикладу: при розкладанні однієї молекули глюкози в анаеробних і аеробних умовах реакції протікають з різним термічним ефектом:

Аеробне розкладання



Анаеробне розкладання



Дещо швидше, ніж у природних умовах, очищаються стічні води на спорудах, які відтворюють хід процесу самоочищення в ґрунтових умовах чи водному середовищі - *полях зрошення, полях фільтрації, біологічних ставках і, особливо, контактних фільтрах, крапельних біофільтрах, перколяторах, аеротенках тощо* (табл. 2.2.).

Таблиця 2.2. Показники окисної здатності споруд біологічної очистки стічних вод

Види очисних споруд	Кількість кисню, г з 1 м ³ споруд за добу
<i>Споруди природної біологічної очистки</i>	
Поля зрошення	0,5-1,0
Поля фільтрації	2,0-36,0
Біологічні ставки	12,5

<i>Споруди штучної біологічної очистки</i>	
Контактні фільтри	72
Перколяторні фільтри	100
Аеротенки	1000
Аерофільтри	1000
Аерокоагулятори	4500

З таблиці видно, що показники окисної здатності на спорудах так званої біологічної очистки значно вищі, ніж на спорудах природної біологічної очистки.

Інтенсифікація процесів біологічної очистки призводить не тільки до збільшення їх окисної здатності, але і до значного зменшення площі, яку займають ці споруди. Так, за об'ємів стічних вод 5000 м³/добу площа, яку займають поля зрошення, становить 150-200 га, поля фільтрації - 30-50 га, біологічні фільтри - 2-3 га, аеротенки - 1 га.

Незначну площу останніх двох споруд може бути ще зменшено за збільшення подачі кисню і створення певних умов для працюючих специфічних біоценозів.

2.3.1 Біохімічна очистка стічних вод в природних умовах

Для очищення стічних вод в природних умовах використовуються *поля зрошення, поля фільтрації, поля підземної фільтрації*.

При надходженні до ґрунту органічні речовини стічних вод окислюються за наявності вільного кисню мікроорганізмами. Населення ґрунтів достатньо широко: бактерії, гриби, водорості, прості і безхребетні.

Поля зрошення. На полях зрошення агрономічні інтереси об'єднуються з очищенням стічних вод. Стічна рідина, при попаданні на ґрунт фільтрується; на поверхні ґрунту затримуються колоїдні і суспендовані речовини, які потім окислюються біохімічним шляхом. Розчинені речовини стічної рідини проходять по капілярах ґрунту на глибину до 0,5 м. За час проходження через активний шар ґрунту вони окислюються до вуглекислоти, води, нітратів і сульфатів. Для того, щоб окислення проходило безперервно, необхідне постійне надходження атмосферного повітря услід за стічною рідиною. Тому глинисті ґрунти непридатні, також як і грубозернисті піски, оскільки стічна рідина швидко фільтрується через них, не встигають відбуватися процеси окислення, адсорбції і т.п. Найбільш оптимальними ґрунтами для полів зрошення є структурні супісчаники, суглинки і чорноземи.

Недоліком полів зрошення є сезонність їх роботи, оскільки в зимовий час ефективного очищення не відбувається.

Для запобігання можливому розповсюдженню інфекції через ґрунтові води забороняється розташовувати поля зрошення на територіях, які

межують з першим і другим поясами зон санітарної охорони джерел централізованого водопостачання, мінеральних джерел, курортів, в затонах річок, а також при високому рівні ґрунтових вод.

У стічних водах може міститися значна кількість зважених речовин і жирів, які швидко замулюють ґрунт; а також яйця гельмінтів і патогенні мікроби, які можуть потрапити в сільськогосподарські культури. Тому перед надходженням на поля зрошування стічні води потрібно пропускати через первинні відстійники, де навіть за 2 години відстоювання затримується 90 % яєць гельмінтів.

Поля фільтрації. На полях фільтрації сільськогосподарські культури не вирощуються, а здійснюється лише очищення заздалегідь освітлених стічних вод. Навантаження на ці поля вище, ніж на поля зрошування. Разом з тим різко погіршується постачання киснем аеробних біоценозів. Тому рекомендується кілька разів впродовж літа переорувати поля фільтрації, обладнувати дренажі. При розміщенні полів фільтрації потрібно враховувати санітарні норми (із-за запахів, розповсюдження мух). Вони повинні знаходитися на відстані 300 - 1000 м від міської забудови і бути захищені зоною зелених насаджень.

Поля підземної фільтрації (зрошування). В цьому випадку стічні води розподіляються по трубах під землею (дренаж). Дренажні труби розміщуються на межі між підґрунтовим і активно працюючим шаром ґрунту. Устаткування полів підземної фільтрації допустиме лише при низькому рівні ґрунтових вод (не вище 2 м від поверхні). На полях можна вирощувати різні сільськогосподарські культури і розміщувати їх поблизу від житлових споруд (8 - 25 м). Використовуються вони для очищення стічних вод невеликих населених пунктів, груп споруд, санаторіїв, шкіл.

Біохімічне очищення стічних вод в біологічних ставках. Біологічні очисні ставки імітують природні водоймища, причому максимально підсилюють їх властивості, сприяючи процесам самоочищення. Вони неглибокі (0,5 - 1,0 м), добре прогріваються сонцем, що створює сприятливі умови для широкого розвитку водоростей, вищої рослинності, простих, автотрофних і гетеротрофних груп бактерій. Для ефективного очищення стічних вод на спорудах штучного очищення необхідні значні витрати енергії, тоді як в ставках використовується сонячна енергія.

Санітарний ефект роботи ставків в літній час є дуже високий. Кишкова паличка гине на 95 - 99 %, патогенні бактерії кишкової групи - повністю, окислюваність знижується на 90 %, вміст органічного і амонійного азоту - на 97 %.

Біологічні ставки можуть працювати і взимку, коли їх поверхня покрита льодом. Потрібно обов'язково очищати поверхню льоду від снігу для надходження сонячного світла.

Типи біологічних очисних ставків:

- 1) проточні ставки з розбавленням стічної рідини річковою водою;

- 2) проточні ставки без розбавлення стічної рідини;
- 3) ставки для доочистки стічної рідини;
- 4) контактні ставки;
- 5) анаеробні ставки.

Проточні ставки з розбавленням стічної рідини річковою водою. Освітлена у відстійниках стічна рідина розбавляється в 3 - 5 разів чистою річковою водою. Ця рідина знаходиться в ставках близько 2 - 3 тижнів. У ставках можна вирощувати рибу (коропа), а також розводити качок. Недоліком таких ставків є те, що необхідне будувати первинні відстійники, споруджувати греблю для ставка - резервуару чистої річкової води і мати близько чистої річку.

Проточні ставки без розбавлення стічної рідини. Неочищена стічна рідина проходить послідовно через серію з 4 - 5 ставків. У першому з них обладнується перешкода для утримання твердої фази. У останньому, у воді якого міститься розчинений кисень, можна розводити рибу.

Ставки для доочистки стічної рідини. Якщо на станції біологічного очищення не можна обробити весь об'єм або потрібен високий ступінь очищення, використовують проточні ставки для доочистки недостатньо окисленої органічної фази стічних вод. Цей тип ставків влаштовується з 2 - 3 ставків і може бути використаний для розведення риби.

Контактні ставки. Робота їх ставків заснована на тому, що в стоячій воді, в порівнянні з водою проточною, біохімічні процеси проходять швидше. Стічна рідина подається в серію паралельно розміщених карт, причому щодня один із ставків наповнюється, а інший спорожнюється. Для території України тривалість контакту рідини в ставках складає 5 - 10 днів.

Анаеробні ставки. Стічна рідина, яка містить як тверду, так і рідку фазу, поступає в глибокий ставок (декілька метрів завглибшки). У ньому відбуваються анаеробні процеси. Такі ставки мають ряд недоліків: гази бродіння виділяються в навколишнє повітря, є небезпека попадання патогенних мікробів в ґрунтові води.

2.4 Очисні споруди з аеробним розкладанням

Біофільтри. На біологічних фільтрах забруднена вода на початку експлуатації споруди освітлюється, і тільки через деякий час, коли відбувається обростання часточок ґрунту біологічною плівкою в результаті адсорбції бактерій із стічної води, починаються процеси біохімічного окиснення органічної речовини. Для успішності процесу очистки необхідна добра аерація.

Біофільтри являють собою споруди, заповнені великозернистим ненабрякаючим матеріалом, поверхня якого зрошується стічною рідиною. Зрошення виконується періодично (через 5-15 хв). Вода, яка пройшла через

біофільтр, витікає через отвори (дренаж) і надходить на днище, з якого стікає у відповідні лотки. Завантажують фільтри щебінкою, шлаком, галькою. Ці матеріали повинні мати достатню пористість, оскільки вона сприяє хорошій аерації біофільтра і максимальному контакту стічної води з біоплівкою. Аерація фільтрів може бути природною і штучною. Використання штучної аерації дозволяє значно інтенсифікувати роботу біофільтра (аерофільтри).

На рис. 2.2 наведено схему аерованого біофільтра.

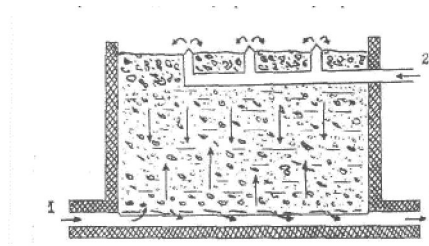


Рис.2.2. Схема аерованого біофільтра: 1.- повітря, 2 – стічна вода, 3 – очищена

Залежно від концентрації забруднювальних речовин і необхідного ступеня очистки стічних вод процес може здійснюватися за одноступінчастою чи двоступінчастою схемою. *Одноступінчаста схема* : первинний відстійник - біофільтр - вторинний відстійник. *Двоступінчаста схема* : первинний відстійник - біофільтр першого ступеня - вторинний відстійник - біофільтр другого ступеня – третій відстійник.

Двоступінчасті біофільтри влаштовуються тоді, коли необхідна повна біологічна очистка. Але замість застосування двоступінчастих фільтрів для здійснення повної біологічної очистки можна збільшити висоту шару завантаження. Існують біофільтри баштові висотою 8-15 м, які може бути використано для очистки великих об'ємів стічних вод (до 50 000 м³/добу).

Ефективність роботи біофільтра залежить від кількості поданого повітря, використання якого, в свою чергу, залежить від пористості заповнювача - за її збільшення створюються кращі умови для забезпечення біоплівки повітрям.

Використання біофільтрів значною мірою залежить від кліматичних умов. Вони погано працюють за низької температури і тому вимагають утеплення. Різка зміна температурних умов, до яких адаптувалися біоценози, наприклад, весною чи восени, призводить до величезного виносу біологічної плівки з тіла біофільтра. Тому, порівняно з аеротенками, біологічні фільтри знаходяться у більшій залежності від кліматичних умов. Біологічні фільтри відкритого типу будують лише в місцевостях з теплим і помірним кліматом. За значної продуктивності рекомендується утеплювати біофільтри за середньорічної температури менше 3°C, а якщо продуктивність не висока (500 м³/добу), утеплення проводять за середньорічної температури 6°C.

На характер біологічного населення, його життєдіяльність суттєвий вплив справляє спосіб розподілу на поверхні фільтра стічних вод. Дуже широко використовуються біофільтри, які мають розбризкувачі-спринклери. За цієї системи зрошувана стічними водами поверхня біофільтра становить 80-90 %. До складу населення біофільтра входять: водорості, найпростіші, черв'яки, комахи, бактерії.

Водорості виконують дві функції. Перша - утворення кисню в процесі фотосинтезу; друга - виділення фітонцидів у навколишнє середовище. Біофільтр заселено всіма трьома основними групами водоростей: зеленими, синьо-зеленими й діатомовими. Сумарна кількість зелених водоростей досягає $226 \cdot 10^9$ клітин на 1 м^3 шлаку; синьо-зелених - $143 \cdot 10^9$ клітин на 1 м^3 ; діатомових - $24 \cdot 10^9$ клітин в 1 м^3 .

Найпростіші виконують фагоцитарну функцію, що веде до безпосереднього зменшення бактеріальних клітин та інтенсифікації мікробіологічних процесів. Кількість найпростіших у тілі біофільтра становить $66 \cdot 10^9$ на 1 м^3 шлаку.

Черв'яки виконують дві основні функції:

- а) розпушення біологічної плівки, що попереджає її замулення;
- б) розкладання ряду хімічно стійких сполук - клітковини, каротину.

На відміну від найпростіших і водоростей черви знаходяться лише в нижньому шарі, причому в зрошуваній зоні, їх кількість становить $182 \cdot 10^4$ на м^3 заселеної зони.

Комахи представлено в основному личинками дрібної мошки. Живуть вони у верхній незрошуваній зоні й частково в нижній, також незрошуваній. Кількість їх дорівнює $9 \cdot 10^9$ на 1 м^3 заселеної зони. Крім личинок, на біофільтрах зустрічаються ще деякі види жучків.

Бактерії представлено автотрофними і гетеротрофними видами. Перші окислюють органічну речовину з вуглецем, другі - з азотом і сульфатами.

Життєдіяльність усіх біоценозів біологічного фільтра призводить до високого ступеня очистки стічних вод – БСК₂₀ становить 15-20 мгО₂/л (зниження на 85-90 %).

Аеротенк - це споруда, в якій здійснюється біологічна очистка забруднених вод, що імітує самоочищення у водоймах, але з більшою інтенсивністю. На відміну від природної аерації у водоймі насичення стічної рідини киснем відбувається в аеротенку шляхом нагнітання повітря під тиском. Якщо в біологічному фільтрі плівка прикріплена до нерухомого субстрату і омивається стічною рідиною, то в аеротенку роль біологічної плівки відіграє так званий активний мул - пластівці, які складаються в основному з бактерій у завислому стані. На рис. 2.3 показано схему роботи аеротенка.

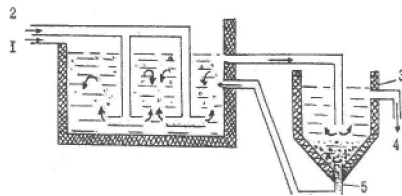


Рис. 2.3. - Схема аеротенка: 1 – стічна вода, 2 – повітря, 3 – відстійник, 4 – очищена вода, 5 – активний мул.

Стічні води і активний мул з відстійника надходять в довгий бетонний резервуар і рухаються уздовж нього. Для підтримки активного мула у завислому стані і забезпеченні окислювальних процесів в суміш безперервно подається повітря. Після закінчення процесів біохімічного окислення органічних речовин стічних вод суміш активного мула і стічних вод поступає у вторинний відстійник для відділення активного мула. Освітлена у відстійнику вода звичайно після знезараження скидається у водний об'єкт, а активний мул прямує знову в аеротенк. В результаті може утворюватися його надлишок, який доводиться вилучати.

Населення аеротенків. Активний мул - це зважена у воді біологічна плівка, яка відрізняється від справжньої біоплівки біологічних фільтрів. По-перше в активному мулі відсутні представники водоростей; біоценоз активного мула постійно знаходиться в товщі води, безперервно переміщується - іноді переходить із зони сильно аерованої, в зону, надзвичайно бідну киснем. Відповідно в активному мулі живуть не тільки аероби, але і деякі анаероби.

До складу мула входять: прості, бактерії, бактерії нітрифікатори, бактерії денітрифікатори і значна кількість грибів. До мікробів, які адсорбуються активним мулом, відноситься вся група кишкової палички:

Кількість організмів в масі активного мула дуже велика - $100 \cdot 10^{12}$ в 1 м^3 ; їх сумарна поверхня рівна 1200 м^3 . Тому активний мул за його адсорбційною здатності можна порівняти тільки з активованим вугіллям, але він ще виконує і функцію переробки.

Вивчення впливу основних фізико-хімічних чинників на життєдіяльність біоценозов свідчить, про те що мул є достатньо стійким до температурних коливань; існує при значній амплітуді зміни рН 4,5-9,5. Зменшення концентрації розчиненого кисню впливає тільки на аеробну групу бактерій, тому мул швидко відновлюється при підвищенні змісту кисню.

Напрямок біохімічних процесів в аеротенку. Аеротенки залежно від ступеня очищення стічних вод можуть працювати на повне або неповне очищення. При повному очищенні процес проходить в три фази:

1) зважені і колоїдні речовини адсорбуються і коагулюють, окислювальні процеси тільки починаються;

2) переважають процеси окислення, починаються процеси нітрифікування;

3) процеси окислення закінчуються; переважають процеси нітрифікування амонійних солей; відбувається регенерація активного мула.

При неповноті очищення процес проходить в дві фази:

1) зважені і колоїдні речовини адсорбуються і коагулюють, окислювальні процеси тільки починаються;

2) відбувається неповне окислення адсорбованих активним мулом зважених і колоїдних речовин, а також розчинених речовин.

2.5 Очисні споруди з анаеробним розкладанням

Осад (тверда фаза) стічних вод містить 95 % води; 5 % - це вуглеводи, білки, жири і зольні елементи; при цьому білки складають 20 %, жири -15, вуглеводи – 35, зола - 10 %. За допомогою біохімічної переробки осаду на очисних спорудах відбувається його знезараження, а також така зміна структури, яка перетворює осад на легко підсихаючу, зручну для утилізації речовину.

Біохімічні процеси в природних умовах при *анаеробному бродінні протікають з утворенням метану, вуглекислого газу і води.*

На очисних спорудах анаеробне бродіння використовується в септиках, двох'ярусних відстійниках, метантенках.

Септики - це басейни гниття. У них сполучені процеси осадження і бродіння осаду (мал. 2.4).

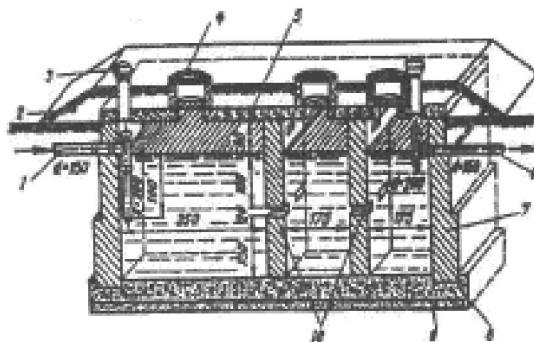


Рис. 2.4. Тришкамерний септик: 1 – підвідна труба, 2 – насип, 3 – труба з отвором для прочистки, 4 – люк 5 – перекриття, 6 – відвідна труба, 7 – кладка, 8 – бетонна основа, 9. – основа із щебеня, 10 – отвір для проходження рідкої фази

Після запуску септика в експлуатацію поверхня води в ньому темна, гладка. Це означає, що розкладання осаду ще не почалося. Першою ознакою почала бродіння є сильне виділення газів. Через декілька днів вся поверхня септика затягується плівкою, яка потім перетворюється на товсту кірку, і газ виділяється лише в місцях її розриву.

У септику відбуваються наступні процеси. Тверда фаза стічних вод, осівши на дно басейну, спочатку не розкладається, оскільки для розмноження мікробів анаеробного бродіння необхідно певний час. Розкладання органічної речовини супроводжується інтенсивним газоутворенням. Бульбашки газу в результаті гниття піднімаються з дна, захоплюють з собою частинки осаду, виходять в атмосферу, але частинки осаду не опускаються на дно, оскільки все нові і нові бульбашки підходять до поверхні разом з мікродозами осаду. Тому частинки твердої фази злипаються і утворюють спочатку плівку, а потім масивну кірку товщиною іноді до 1 м. Кірка не дозволяє остигнути осаду і масі води.

Позитивні характеристики септика - простота устаткування, високий відсоток затримки нерозчинених речовин і нескладність в експлуатації, негативні – неповнота розкладання органічних речовин із-за безперервного надходження свіжого осаду. Очищена стічна рідина, витікаюча з септика, містить в своєму складі всі гази анаеробного розкладання осаду: метан, вуглекислоту, водень, сірководень, аміак, практично не містить кисню. До недоліків септика відноситься можливість розповсюдження неприємного запаху.

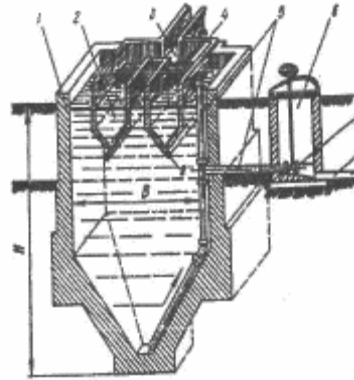
Септик – це споруда для обслуговування невеликих об'єктів каналізації (групи будинків, санаторіїв, таборів і тому подібне) - до 500 осіб і об'ємом стічних вод до 50 м³/діб. При правильному устаткуванні і експлуатації септика він повинен розташовуватися на відстані не менше 50 м від жител, суспільних споруд і підприємств громадського харчування.

Очищення септика (один-два рази на рік) із-за малих розмірів проводиться уручну. Зброджений осад представляє небезпеку в епідеміологічному відношенні, тому виникають труднощі з використанням його як добрива, оскільки він може стати джерелом розповсюдження гельмінтів і виникнення інфекцій. Вивіз осаду на міське звалище може викликати зараження ґрунтових вод. Тому зброджений осад, вилучений з септика, повинен бути спочатку знезаражений, що досягається підігрівом в казані до 60°C протягом години. При цьому повністю гинуть як збудники гострих шлунково-кишкових захворювань, так і яйця гельмінтів.

Залежно від об'ємів стічних вод септики влаштовуються однокамерні (до 1 м³), двокамерні (до 10 м³) і трикамерні (більше 10 м³).

Звичайно септики використовуються для попередньої обробки стічних вод, які поступають на споруди підземної фільтрації (поля підземної фільтрації, піщано-гравієві фільтри, що фільтрують траншеї, що фільтрують колодязі).

Двох'ярусні відстійники (емшери). У цих спорудах усунена більшість основних недоліків септиків. Усунене попадання в рідку фазу газоподібних продуктів, які утворюються при розкладанні осаду(рис. 2.5).



Мал. 2.5. Двох'ярусний відстійник: 1 – кладка, 2 - жолоб; 3 - лоток; 4 - поперечна стінка; 5 - труба для відкачування твердої фази; 6 - оглядовий колодязь; 7 -засов; 8 - випуск твердої фази

Газ, що піднімається з дна, не потрапляє в стічну рідину, яка тече по жолобах. Крім того, склад газів, що досягають поверхні, відрізняється від складу газів в септику. Йдеться про сірководень, який виділяється при анаеробному розкладанні осаду стічних вод. Оскільки глибина емшерного колодязя набагато більша, ніж септика, сірководень встигає прореагувати із залізом, яке завжди є в стічних водах. У результаті утворюється сульфід заліза, усувається неприємний запах, рідина набуває чорного кольору. Реакція проходить в умовах нейтрального або слаболужного середовища; у кислому середовищі взаємодії між сірководнем і залізом не відбувається.

Над двох'ярусним відстійником звичайно влаштовується перекриття для уловлювання газів (метану і вуглекислоти). За нормальних умов процес бродіння проходить за участю мікробів, розкладаючих органічна речовина за схемою



Процес бродіння осаду в двох'ярусному відстійнику походить від одного до шести місяців. Зброжений осад надходить для підсушування на майданчики мула. У ньому також як і в осаді септика, присутні яйця гельмінтів і патогенні мікроби, але він не має неприємного запаху і легко віддає воду.

Бродіння осаду стічних вод здійснюється при невисоких температурах, внаслідок чого швидкість розкладання невелика, а вихід метану незначний. У зимовий період в середніх широтах зброджування осаду є практично неможливими і тому в цих районах емшери не використовують.

Процесом бродіння в двох'ярусному відстійнику важко управляти. Єдине, чим може вплинути технолог на хід процесу, - це зміною дозування незбродженого осаду і його перемішування. Підігрів твердої фази здійснити неможливо, оскільки, окрім осаду, довелося б підігрівати і весь об'єм води над ним.

Значна глибина емшера (до 11 м) збільшує його вартість.

Метантенки. Управління процесом бродіння може бути здійснено шляхом регуляції температури, що фактично можливо лише за відділення осаду від рідинної фази. Цей процес відбувається в первинному відстійнику, після чого тверда фаза прямує в особливу споруду - метантенк, де зброджується при штучному підігріві (рис. 2.6).

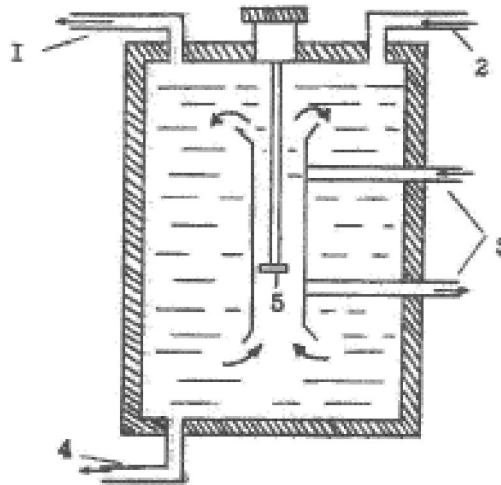


Рис. 2.6. - Спрощена схема метантенка: 1 – збір газу, 2 – свіжий осадо 3 – гаряча вода, 4 – зброджений осадо, 5 – змішувач.

Метантенк є закритим резервуаром, призначеним для анаеробної переробки опадів, а також надмірного мула аеротенків. Інтенсифікація розкладання органічної частини осаду досягається штучним підігрівом і перемішуванням осаду. Необхідною умовою інтенсивного бродіння є постійне перемішування свіжого осаду із загальною масою зрілого. Чим більшим є об'єм зрілого осаду («бактерійної закваски»), тим краще працює метантенк.

У метантенку розкладається від 40 до 60 % органічної речовини; значна частина його переходить в газ (70 % метану, 30 % вуглекислоти). Реалізуються два типу бродіння - мезофільне і термофільне. При мезофільному бродінні температура зброджуваної маси підтримується в межах від 30 до 35°C; при термофільному - від 50 до 55°C. Термофільне бродіння дозволяє інтенсифікувати процес, що робить можливим збільшення

завантаження метантенка в 1,8-2,0 разу. Крім того, при штучному введенні в бродильну масу експериментальних метантенков дуже великих доз патогенних мікробів в термофільних умовах всі вони гинули в течії декілька годин, тоді як при мезофільному бродінні життєдіяльність їх зберігалася впродовж декількох днів. Основною причиною загибелі патогенних мікробів при термофільному бродінні є температурний чинник, а не діяльність мікробів-антагоністів.

Осад, вилучений із стічних вод і зброджений в метантенках, вологістю 90-97 %, перекачується на майданчики мула. Це найбільш простий і поширений спосіб підсушування осаду до вологості 75 - 80 %. Устрій майданчиків різний. Іноді роблять криті майданчики мула, завдяки чому не розповсюджується неприємний запах, не притягуються мухи. З епідеміологічної точки зору вирішальною є наявність патогенних мікроорганізмів в підсихаючому осаді. Підсушений осад (вологість 75-80%) може бути використаний як добриво. За відсутності ґрунта з доброю фільтруючою здатністю мулові майданчики роблять на штучній основі.

Контрольні запитання

1. Як відбувається усереднення стічних вод? Для чого воно потрібно?
2. На чому засновані механічні та фізико-хімічні методи очистки?
3. Як відбувається центрифугування?
4. Процес проціджування та на яких спорудах він відбувається?
5. За рахунок чого відбувається відстоювання? Які домішки таким чином видаляються?
6. У чому особливості фільтрування? На яких спорудах відбувається?
7. Фізико-хімічні способи очистки води.
8. Як відбувається біохімічна очистка стічних вод?
9. Як відбувається очистка стічних вод у природних умовах?
10. Як відбувається біохімічна очистка стічних вод на спорудах в умовах аеробного розкладання?
11. Як відбувається біохімічна очистка стічних вод на спорудах в умовах анаеробного розкладання?

3 СТАНЦІЇ ОЧИТСКИ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД

На початку 90-х років на території України діяло понад 2,8 тис. очисних споруд з самостійним випуском стічних вод у водні об'єкти, з них споруд біологічного очищення – близько 60, механічної – 35, фізико-хімічної – 5%.

В результаті випереджаючого будівництва житла, об'єктів соціальної інфраструктури і промисловості, незбалансованого розвитку міських водогосподарських комплексів диспропорція між потужностями системи водопостачання і очисних споруд каналізації збільшується.

3.1 Очисні споруди станції очистки міських стічних вод

Очисні споруди є комплексом інженерних споруд, призначеним для очищення стічних вод від забруднювальних речовин, які містяться в них. Метою очищення є підготовка стічних вод до використання на підприємстві або до скидання у водні об'єкти.

Промислові стічні води, як правило, спочатку очищують на локальних очисних спорудах для зниження концентрації забруднюючих речовин виділення з них і утилізації корисних речовин, а також для підготовки цих вод до очищення на загальнозаводських очисних спорудах (якщо це необхідно). Після локального очищення стічні води можуть бути використані знову в технологічному процесі. В окремих випадках очищені промислові стічні води скидають у водні об'єкти або без повного очищення в міську каналізаційну мережу.

Сучасні станції очищення міських стічних вод по праву вважаються промисловими комплексами, що продукують очищену воду. Комплекс очисних споруд включає чотири основні блоки (на станціях їх називають цехами): механічного очищення, біологічного очищення, знезараження води і обробки осадів.

У цеху механічного очищення (1) (рис. 3.1) з води вилучаються нерозчинні домішки, при цьому вони розділяються на переважно органічні і переважно неорганічні. Послідовність видалення різних домішок обумовлена ступенем їх дисперсності і питомою масою.

На першій стадії очищення воду проціджують через ґрати (1), що затримують крупні домішки. У складі очисних споруд передбачаються ґрати з подовжніми отворами не більше 16 мм або ґрат-подрібнювачів. При такій величині отворів кількість відходів, що затримуються на ґратах, складатиме в рік 8 дм³ на 1 людину. Якщо добова кількість затримуваних відходів не перевищує 0,1 м³, то допускається ручне очищення і вивіз відходів в герметичних контейнерах в місця знезараження твердих побутових і промислових відходів. У інших випадках повинні передбачатися механізоване очищення і подрібнення відходів, скидання їх назад в потік

стічної води або ж обробка спільно з опадами. Суха речовина осадів на 93 - 95% перебуває з органічних сполук.

На наступній стадії - в пісколовках (2) - вода звільняється від важких мінеральних домішок (пісок), що оберігає подальші споруди від абразивної дії піску. Пісок, що осів, переміщається на піщані майданчики або ж в бункери, звідки вивозиться і використовується для вирівнювання ділянок місцевості. Пісколовки влаштовують за продуктивності очисних споруд більше 100 м³/доб. Пісколовок повинно бути не менше двох. Тип пісколовки залежить від продуктивності станції. При продуктивності до 5000 м³/доб доцільно застосовувати тангенціальні пісколовки, 10 000 – 20 000 м³/доб – аеруємі.

Нарешті, на останній стадії механічного очищення в первинних відстійниках (3) виділяють частину завислих речовин, які в результаті седиментації утворюють осад, звичайно званий сирим. Осад, як і сміття, що знімаються з ґрат, містить, в основному, легко загниваючі домішки органічного характеру. Тому сирий осад і сміття передаються в цех обробки осаду (3) для знешкодження і стабілізації.

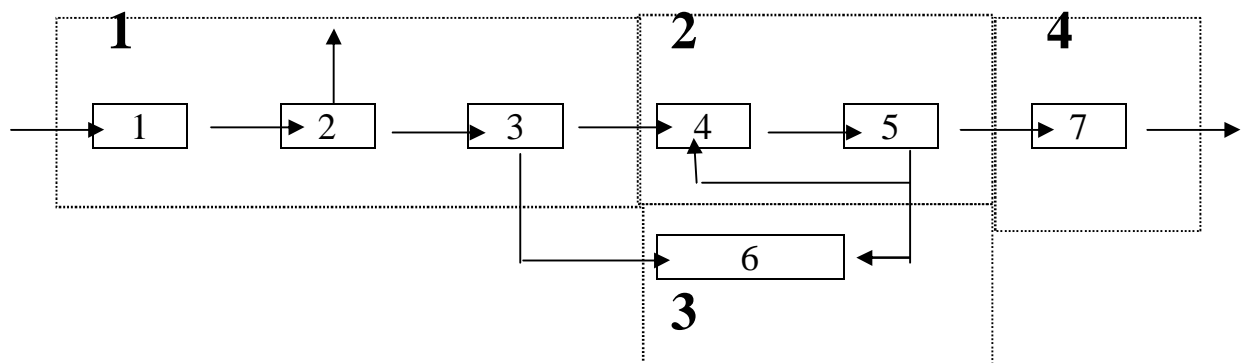


Рис. 3.1. - Принципова схема міської станції очистки стічних вод:

1- блок механічного очищення (1- ґрати, 2 – пісколовки, 3 – первинний відстійник), **2** – блок біологічного очищення (4 - аеротенки чи інші споруди, 5 – вторинний відстійник), **3** - блок обробки осаду (6 – метантенк чи інша споруда), **4** - знезараження води (7- контактний резервуар)

Органічні забруднювальні речовини, що містяться в стічних водах у вигляді коллоїдів і розчинених речовин, видаляються на 90 - 95 % шляхом біохімічної очистки в цеху біохімічної очистки (**2**) в спеціальних спорудах (аеротенки, біофільтри, метантенки) (4).

Останній етап обробки стічних вод в цеху знезараження (4) – їх дезинфекція (знезараження) хлором, який впливає на бактерійні організми, які

залишилися після біологічного, хімічного і додаткового очищення. Для цього служать такі споруди, як хлоратори, контактні резервуари (7).

Ефективність повного біологічного очищення господарчо-побутових стічних вод і концентрація речовин в очищеній стічній воді наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. - Ефективність повного біологічного очищення господарчо-побутових стічних вод і концентрація речовин в очищеній стічній воді

Речовина	Ефективність очистки, %	Концентрація, мг/дм ³
Завислі речовини	90-95	10-20
БСК ₅	95-97	7-15
БСК _{полн}	95-97	10-20
Перманганатна окислюваність	85-95	15-20
Біхроматна окислюваність	70-80	70-100
Нафтопродукти	80-90	1,5-3,0
Азот загальний	40-60	8,0-12
Фосфор загальний	40-60	1-3
Феноли	80-90	0,05-0,1
СПАР	60-80	1,5-3,0

3.2 Санітарно-захисні зони очисних станцій

Санітарно-захисні зони (СЗЗ) очисних станцій оцінюють з погляду достатності відстані між ними і житловою забудовою, а також між ними і водозабірними спорудами підземних вод. У таблиці 3.2 приведені санітарно-захисні відстані для очисних споруд продуктивністю понад 200 м³/доб.

Величина СЗЗ очисної станції встановлюється щодо тієї споруди, для якої необхідний найбільша відстань. За наявності поблизу очисних станцій місцевих споруд для огорожі ґрунтових вод мінімальні санітарні відстані встановлюються у кожному конкретному випадку.

Майданчик для будівництва очисних споруд, як правило, повинен розміщуватися з підвітряної сторони переважаючих вітрів теплого періоду року і нижче населеного пункту за течією річки. Скидання стічних вод в межах населеного пункту забороняється.

Таблиця 3.2. - Санітарно-захисні розриви для очисних споруд продуктивністю понад 200 м³/доб

Очисні споруди	Відстань при продуктивності очисних споруд $n \cdot 10 \text{ м}^3/\text{доб}$, м		
	$n = 0,2 - 5$	$n = 5-10$	$n = 50-280$
Для механічно і біологічної очистки: з муловим майданчиком для зброджених осадів	200	400	500
з механічною і термомеханічною обробкою осадів у відкритих приміщеннях	150	300	400
Майданчики для обробки осадів	200	400	500
Поля фільтрації	300	500	1000
Поля зрошення	200	400	1000
Аеротенки	100	150	200
Біофільтри	250	200	-
Біологічні пруди	200	300	300

Визначити умови випуску стічних вод означає розрахувати допустимий ступінь їх забруднення, при якому вони можуть бути спущені у водоймище. При цьому обов'язково повинна зберегтися якість води в створі, розташованому на 1 км вище за найближчий пункт водокористування.

Методика санітарної експертизи умов випуску стічних вод у водоймища базується на основних положеннях СанПіН, які обмежують випуск стічних вод у водні об'єкти. З цією метою рекомендується максимально використовувати стічні води в оборотній системі водопостачання, усувати їх повністю або частково за рахунок раціоналізації технології виробництва і застосування безстічних виробництв, а також використовувати для зрошення в сільському господарстві.

Забороняється випускати стічні води, які містять:

- а) виробничу сировину, реагенти, напівпродукти і кінцеві продукти виробництв в кількостях, які перевищують встановлені нормативи технологічних втрат;
- б) речовини, для яких не встановлено ГДК;
- в) радіоактивні речовини;
- г) технологічні відходи.

Розроблена санітарно-гігієнічна класифікація водних об'єктів по ступеню забруднення, в основу якої покладений провідний принцип нормативних документів водно-санітарного законодавства - забезпечення оптимальних умов господарсько-питного і культурно-побутового водокористування. Головна мета гігієнічної класифікації - це попередження несприятливого впливу на населення хімічних і мікробних чинників води.

Тому в неї включені оцінні показники, які відносяться до чотирьох критеріїв шкідливості водних об'єктів: органолептичного, токсикологічного, санітарного і бактеріологічного (табл.3.3). Такими показниками є запах і присмак води, ступінь перевищення ГДК речовин, які нормуються по органолептичною і токсикологічною ознаками шкідливості, розчинений кисень, БСК₂₀, кількість кишкових паличок в 1 л води.

Таблиця 3.3. - Гігієнічна класифікація водних об'єктів по ступеню забруднення *

Ступінь забруднення	Оціночні показники забруднення для водних об'єктів I і II категорій					Індекс забруднення
	Органолептичні		Токсикологічні	Санітарні	Бактеріологічні	
	запах і присмак, бал	ГДК _{орг}	ГДК _{токс}	БСК ₂₀ , мгО ₂ /л	кількість лактозопозитивних кишкових паличок в 2 л	
Допустимий	2	1	1	3(6)**	1·10 ⁴	0
Помірний	3	4	3	6(8)	> 1·10 ⁴ - 1·10 ⁵	1
Високий	4	8	10	8(10)	> 1·10 ⁵ - 1·10 ⁶	2
Надзвичайно високий	4	8	100	8(10)	> 1·10 ⁶	3

* - за «Методичним вказівкам по розгляданню проектів гранично-допустимих скидів (ПДС) речовин, які надходять у водні об'єкти зі стічними водами» № 2875-834;

** - значення БСК₂₀ в скобках наведені для водних об'єктів другої категорії.

Чотири градації оцінних показників відповідають допустимому, помірному, високому і надзвичайно високому ступеню забруднення водоймищ першої (господарсько-питної) і другої (культурно-побутової) категорії водокористування. У результаті санітарний стан водоймища характеризується узагальненим індексом забруднення, який встановлюється по оцінному показнику, зміненому в найбільшій мірі (лімітуючий показник).

Індекс забруднення (С) – 0, характеризує водоймища, які можуть використовуватися без обмеження. З – 1, свідчить про помірний ступінь забруднення і часткове порушення водокористування (існування певного несприятливого впливу забрудненої води на стан здоров'я населення). З – 2 указує на виражене забруднення і повну непридатність водоймища для всіх видів водокористування. З – 3 характерний для водоймищ з надзвичайно високим ступенем забруднення. Такі водоймища не тільки не придатні для

водокористування, але навіть короткочасний контакт з їх водою може мати несприятливі наслідки для здоров'я людини.

Забруднення водоймища стічними водами - це зміна якості води, яка не відповідає вимогам СанПіН № 4630-88, на відстані 1 км. Оскільки ступінь обмеження водокористування визначається якістю води у водоймищі, то у СанПіН нормуються показники не складу стічних вод, які скидають, а якості води водних об'єктів в створі, який розташований на 1 км вище за пункт водокористування, а для непроточних водоймищ – на 1 км в обидві сторони від пункту водокористування.

Нормативи складу і властивостей води водоймища встановлюються залежно від характеру використання водних об'єктів для господарських потреб (табл.3.4). Як вже наголошувалося, водні об'єкти або їх ділянки розділяються на дві основні категорії водокористування: перша категорія - використання водоймища для централізованого або нецентралізованого господарсько-питного водопостачання, а також для водопостачання підприємств харчової промисловості; друга категорія – використання водного об'єкту для купання, спорту і відпочинку населення. До водоймищ, які розташовані в межах населеного пункту, висуваються такі ж вимоги, як і до водоймищ другої категорії.

Категорія водокористування визначається виключно установами санітарно-епідеміологічної служби. СанПіН дозволяють випуск стічних вод лише в тому випадку, якщо вони при змішуванні і розведенні з водою водоймища:

- а) не впливають на фізичні властивості і органолептичні показника якості води;
- б) не збільшують понад допустимі межі мінеральний склад води;
- в) не порушують у водоймищі процеси самоочищення;
- г) не вносять у водоймище патогенні мікроорганізми або шкідливі речовини в концентраціях, які є токсичними для населення, що використовує воду для пиття.

Таблиця 3.4. - Гігієнічні вимоги до складу і властивостям води водних об'єктів в пунктах господарсько-питного і культурно-побутового водокористування

Показник складу і властивостей води	Категорія водокористування	
	1	2

Завислі речовини	Вміст завислих речовин не повинен збільшуватись більше ніж на, мг/л 0,25 0,75	
	Для водних об'єктів, які містять в міжень більше 30 мг/л солей, допускається збільшення вмісту завислих речовин у воді на 5%	
спливаючі (речовини)	домішки Завислі частинки зі швидкістю випадання більше 0,4 мм/с в проточних водоймах і більше 0,2 мм/с в водосховищах до скиду забороняється. На поверхні води не повинно з'явитися плаваючої плівки, плям масел і скупчення домішок	
Запахи	Вода не повинна набувати не властивих їй запахів інтенсивністю більше 1 бала, які виявляються: безпосередньо; при хлоруванні; при інших способах обробки	
Кольоровість	Не повиння визначатися в стовбі, см: 20 10	
Температура	Літня температура води після скиду вод не повинна підвищуватись більше ніж на 3°C порівняно із середньою температурою самого спекотного місяця року за останні 10 років	
Водневий показник (рН)	Не повинен виходити за межі 6,5 – 8,5	
Мінеральний склад	Не повинен перевищувати по сухому залишку 1000 мг/л, в тому числі Cl^- 350 мг/л, SO_4^{-2} 500 мг/л	
Розчинений кисень	Не поинно бути менше 4 мг/л в будь-який період року в пробі, відібраної до 12 години дня	
БСК ₂₀	Не повинно перевищувати при 20°C, мгО ₂ /л 3,0 6,0	
ХСК	Не повинно перевищувати, мгО ₂ /л 15 30	
Збудники захворювань	Вода не повинна містити збудників захворювань	
Лактозопозитивні кишкові палички (ЛКП)	Не більше 10 000 в 1 л **	Не більше 5000 в 1 л
Коліфаги (в бляшко-утворюючих одиницях)	Не більше 100 в 1 л	Не більше 100 в 1 л

Життєздатні яйця гельмінтів (аскарид, власоглавів, токсокар, фасциол), онкосфери тенеїд і життєздатні цисти патогенних кишкових простіших	Не повинно міститись
Хімічні речовини	Не повинно міститись в концентраціях, які перевищують ГДК або ОБУВ

* Вміст у воді завислих антропогенних речовин (пластівці гідроксидів металів, що утворюються при очистці стічних вод, частинок асбесту, скловолокна, капрону і ін.) регламентуються у відповідності до п.п. 2.4 і 4.4 СанПіН № 4630-88

** Не розповсюджуються на джерела децентралізованого господарсько-питного водопостачання.

Вимоги СанПіН № 4630-88 розповсюджуються на:

а) існуючі скидання всіх видів виробничих і господарчо-побутових стічних вод населених пунктів, окремих житлових будинків і суспільних споруд, комунальних, лікувально-профілактичних, транспортних, сільськогосподарських об'єктів, промислових підприємств, зокрема шахтних вод, скидних вод від водяного охолодження, нафтовидобутку, скидання вод з сільгоспугідь і т.д.;

б) всі заплановані скидання стічних вод підприємств, які будуються, реконструюються, або ж на яких змінюється технологія виробництва; всі заплановані скидання стічних вод каналізації населених пунктів і окремих об'єктів;

в) скидання зливової каналізації.

3.3 Вибір схеми очищення стічних вод

При виборі схеми очищення стічних вод основним критерієм є об'єм стічних вод (табл.3.5). Виділяють три групи очисних споруд:

- перша - споруди, використання яких доцільно при продуктивності очисних станцій понад 10 000 м³/сут, використовується в селищах міського типу і містах
- друга - від 25 до 10 000 м³/сут (малі очисні споруди)
- третя - до 25 м³/сут (місцеві очисні споруди).

Таблиця 3.5. - Вибір очисних споруд різної продуктивності, м³/доб

Більше 10000	25 – 10000 (малі)	До 25 (місцеві)
<i>Споруди механічної очистки</i>		

Пісколовки Горизонтальні, вертикальні і радіальні відстійники	Пісколовки	Септики
<i>Споруди біологічної очистки</i>		
Поля фільтрації	Малі поля фільтрації	Поля підземної фільтрації
Поля зрошення	Малі поля зрошення	Поля підгрунтового зрошення
Різні типи аеротенків	Биологические пруды	Фільтруючі колодязі
Різні типи біологічних фільтрів	Різні типи біологічних фільтрів	Піщано-гравійні фільтри Фільтруючі траншеї
	Циркуляційно- окислювальні канали	Біофільтри малої продуктивності

Кожна споруда розраховується на певне гідравлічне навантаження або концентрацію речовин в стічних водах. Показником ступеня очищення може служити концентрація речовин в стічних водах, які виходять з очисних споруд.

Необхідно уважно підходить до рішення питання про можливість використання ґрунтових методів очищення. За наявності земельних ділянок і сприятливих кліматичних умов цьому методу слід надавати перевагу, тому що він дозволяє вирішувати ряд важливих господарських завдань:

- 1) зменшити забір природних вод на зрошування сільгоспугідь;
- 2) раціональніше використовувати водні ресурси в народному господарстві;
- 3) виключати безпосереднє скидання очищених і неочищених стічних вод у водний об'єкт;
- 4) сприяти отриманню високих урожаїв сільхозкультур;
- 5) підвищувати родючість ґрунту;
- 6) покращувати кормову і живильну цінність вирощуваної продукції за рахунок збільшення змісту вуглеводів, протеїну, азоту, фосфору, калію.

3.4 Осади стічних вод

На очисних спорудах повинні надійно знезаражуватись і утилізуватись осади стічних вод із відстійників. Показання до вибору методів і схем обробки осадів наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6. - Вибір методів і схем обробки осадів стічних вод за різної продуктивності очисної станції, м³/доб

100000	10000 – 100000	25 – 10000	До 25
Метод анаеробної стабілізації: мулоущільнювач, метантенк, мулові майданчики, сільськогосподарські поля	Термомеханічний метод: мулоущільнювач, вакуум-фільтр, термічна сушка, сільськогосподарські поля; мулоущільнювач, фільтр-прес, термічна сушка, сільськогосподарські поля Термічний метод: мулоущільнювач, вакуум-сушка, спалювання	Метод анаеробної стабілізації: двох'ярусний відстійник, мулові майданчики, сільськогосподарські поля Метод аеробної стабілізації: аеротенк, аераційна секція, термічна обробка, сільськогосподарські поля; аеротенк, аераційна секція, компостування, сільськогосподарські поля	Метод анаеробної стабілізації: септик, підземні мулові майданчики ; септик, компостування

Надійне знезараження осадів досягається при застосуванні не одного, а декількох методів. Анаеробна стабілізація забезпечує стійкий ефект дегельмінтизації, якщо зброджування відбувається в термофільних умовах. Після аеробної стабілізації осади потрібно прогріти до 60°C або застосувати метод компостування.

3.5 Контроль складу стічних вод і показники ефективності роботи очисних споруд

Програма лабораторного дослідження стічних вод (об'єм) залежить від певних умов:

- виду споруди
- об'єкту дослідження
- тих завдань, які стоять перед санітарною службою.

Наприклад, залежно від об'єкту досліджень визначають специфічні показники оцінки ефективності роботи різних очисних споруд, які приведено в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7. - Специфічні показники оцінки ефективності роботи очисних споруд

Назва споруди	Об'єкт дослідження	Показники, які характеризують ефективність роботи
Пісколовки	Пісок	Вологість, гігроскопічна вологість, об'ємна маса
Первинні і двох'ярусні відстійники	Стічна рідина до і після виходу із споруди	Вологість, гігроскопічна вологість, об'ємна маса. Прозрачність, об'єм і маса завислих частинок, кількість яєць гельмінтів
Поля зрошення і фільтрації	Стічна рідина і її фільтрат	БСК, ХСК, азот амонійний, нітратів, нітритів, перманганатна окислюваність
Біологічні ставки	Вода ставків в напрямку руху стічних вод	БСК, перманганатна окислюваність, ХСК, азот амонійний, нітратів, нітритів, розчинений кисень
Споруди штучної біологічної очистки	Стічна рідина після виходу із первинних відстійників і біологічно очищена стічна рідина	БСК, перманганатна окислюваність, ХСК, азот амонійний, нітратів, нітритів, розчинений кисень
Споруди по знезараженню стічних вод	Стічна рідина до і після знезараження	Мікробне число, коли-індекс, залишковий хлор

Приведені показники потрібно враховувати при вивченні ефективності роботи тих або інших споруд. Включення в програму додаткових показників потрібне в аварійних випадках. За епідемічними показниками дослідження здійснюється на всіх етапах очищення (наявність патогенних мікроорганізмів). Хімічні речовини детальніше вивчають при аналізі промислових стічних вод, які скидаються конкретними підприємствами.

Повний аналіз стічних вод включає визначення таких параметрів:

- температура
- інтенсивність запаху
- кольоровість

- рН
- прозорість
- об'єм і маса осідаючих речовин
- завислі речовини і втрата маси при їх прожаренні
- азот загальний, амонійний, нітриту, нітратів
- перманганатна окислюваність
- бихроматная окислюваність (ХСК)
- біохімічне споживання кисню (БСК5, БСК20)
- розчинений кисень
- хлориди, фосфати
- фториди
- вільний хлор
- специфічні інгредієнти, які характеризують присутність промислових стічних вод, - залізо, мідь, хром, цинк, свинець, СПАВи, мікробне число, колі-індекс, за епідемічними показниками виявляють наявність патогенних мікроорганізмів.

Повний аналіз стічних вод виконують під час надходження їх на очисну станцію і після всіх етапів очищення, а також аналізують воду водних об'єктів, в які випускаються очищені стічні води. Повний аналіз повинен виконуватися відомчою лабораторією не рідше за один раз в декаду, лабораторіями СЕС - за спеціальними графіками, але не рідше за один раз на квартал.

Скорочений аналіз стічних вод здійснюють щодня для оперативного відомчого контролю за роботою очисних споруд. Він включає такі визначення:

- прозорість
- рН
- об'єм і маса завислих і осідаючих речовин
- їх втрата при прожаренні
- розчинений кисень (очищена вода)
- БСК5
- ХСК
- мікробне число
- колі-індекс
- яйця гельмінтів
- наявність патогенних мікроорганізмів за епідемічними показниками
- хімічні речовини, які скидаються із стічними водами конкретного підприємства.

Аналіз осаду стічних вод і мула, які поступають в метантенки і вивантажуються після бродіння, ведеться за повною і скороченою програмою. Повний аналіз осаду стічних вод і мула включає дослідження:

- абсолютної і гігроскопічної вологості
- зольності

- наявність речовин, які екстрагуються ефіром і бензолом
- вуглеводів
- загального азоту
- білкового азоту
- фосфору
- СПАР
- заліза
- мідь
- хрому
- радіоактивних речовин
- зміст яєць гельмінтів.

Повний аналіз робиться один раз на квартал

Скорочений аналіз осаду стічних вод і мула передбачає визначення:

- абсолютної і гігроскопічної вологи
- зольності.

За скороченою програмою аналізують осад і мул при кожному завантаженні і вивантаженні метантенков.

А аналіз газу роблять раз на місяць для визначення співвідношення метану, водню, кисню, азоту, сірководня.

Поточний відомчий лабораторний контроль за роботою аеротенків, окрім дослідження стічних вод до і після очищення, включає щоденний контроль дози активного мула (г/л і відсоток за об'ємом) і змісту розчиненого кисню в очищеній воді (один-два рази на добу). Якість мула контролюють, визначаючи двічі в декаду індекс, мула, швидкість осадження, кількість простих, потреба активного мула в кисні. Крім того, раз на місяць встановлюють гігроскопічну вологість, зольність, зміст загального азоту, фосфору, рівень радіоактивності, наявність яєць гельмінтів.

При проведенні знезараження води хлором відомча лабораторія повинна не рідше за один раз на місяць визначати хлорпоглинання очищених стічних вод і не рідше за чотириох-п'яти разів на добу - кількість залишкового хлора.

СЕС контролює як об'єм виконання аналізів відомчою лабораторією, так і їх якість, періодично перевіряючи дані в своїй лабораторії.

3.6 Використання продуктів анаеробних біохімічних процесів

Основними продуктами анаеробних біохімічних процесів є газу і зброджена тверда фаза.

В середньому при бродінні 1 м³ осідання можна одержати 10-18 м³ газу. По теплотворній здатності 1 м³ газу відповідає 0,83 кг коксу, 0,785 л бензину або 0,61 кг дизельного палива. Крім того, з 1 м³ газу можна одержати 1,61

кВт•час енергії. Практично метан, який входить до складу газів, що одержуються в метантенках, використовується як паливний газ при виробленні електроенергії для очисних станцій.

Важливе значення має застосування твердої фази як добрива в сільському господарстві. Заміна або доповнення органічних добрив збродженим осадом є дуже корисною. Осад, в порівнянні з гноєм, містить більшу кількість фосфору і кальцію. Азот і фосфор в осаді знаходяться в так званій рухомій формі, яка активно засвоюється рослинами. Крім того, осад містить цілий ряд мікроелементів: магній, сірку, залізо, бір, марганець, мідь, йод, цинк і т.д.

Ще один напрям використання збродженого осаду - це паливо. Для цього осад підсушується на майданчиках, мула, потім за допомогою формувальної машини готується паливна цегла (аналогічно приготуванню торф'яної паливної цегли). Ця цегла повинна відстоятися в штабелях не менше одного року, впродовж якого відбувається різке зниження бактерійного населення осаду.

За кордоном з осаду проводять синтетичний ґрунт для спортивних майданчиків.

Контрольні запитання

1. З яких блоків складається станція очистки міських стічних вод?
2. Якзначаються санітарно-захисні зони станції очистки міських стічних вод?
3. Що треба враховувати при виборі схеми очищення стічних вод?
4. Як досягається надійне знезараження осадів ?
5. Що входить в програму лабораторного дослідження стічних вод?
6. Що входить в програму лабораторного дослідження осадів?
7. Які терміни проведення аналізів за повною чи скороченою програмою?
8. Які продукти анаеробних біохімічних процесів?
9. Як використовують продукти анаеробних біохімічних процесів?

ЧАСТИНА II

1 ПРИРОДНІ ТА АНТРОПОГЕННІ КОМПОНЕНТИ

1.1 Класифікація природних та антропогенних компонентів

Речовинна декомпозиція починається з поділу цілісного об'єкта на складові частини. Ці частини називають по-різному: реалії, субстанції, речі, структури. Кожна з частин у свою чергу утворена зі складових. Стійкі або нестійкі структури в природних системах виникають у результаті самоорганізації. Структуризація характерна для систем самої різної природи.

Для кісткової речовини характерні структурні утворення, що формуються під впливом фізичних і хімічних зв'язків. Наприклад, широкий клас структур виникає в рідині або газі при обтіканні будь-яких перешкод (суден, автомашин, літаків, опор мостових переходів), на межі потоків зі значними градієнтами швидкості.

Прикладом передбіологічних структур є амінокислоти. Найбільш широкий клас біологічних структур, ознаками яких є тиражування (розмноження, редуплікація), метаболізм і мутації. Переважаючими в цьому випадку є зв'язки біологічні.

Людський мозок та інтелект з його можливістю самопізнання істотно розширює організаційні форми обміну речовини й енергії. Найбільш складні об'єднання - це суспільні форми організації мислячих систем.

Деякий реальний об'єкт і його речовинні складові частини може нас цікавити, але може і не бути предметом нашої уваги. В останньому випадку реалії існують об'єктивно - поза нашою свідомістю. Якщо об'єкт вивчається людиною, то розглянута субстанція виступає і представляється у свідомості як предмет сприйняття. Якщо як реалію розглядають весь навколишній простір, то цей "первинний" світ називають також універсум, космос, всесвіт або "світ 1". Він може включати неживу і живу природу, людину й усе, що нею створено. Тоді відображення об'єктивної реальності, уявлення про неї в людській свідомості називається "світ 2".

Відтворення світу уявлень матеріалізується в витворах розуму, у формі ідей, пам'яток архітектури, творів живопису, наукових робіт. Вони знаходять самостійне життя. Їх часто називають "світ 3". "Нет, весь я не умру. Душа в заветной лире мой прах переживёт и тленья убежит..." (О.С. Пушкін). Якщо "світ 1" - об'єктивний, то "світ 2" і "світ 3" - суб'єктивні.

Будь-який реальний об'єкт має нескінченну кількість властивостей. Уявлення про цей об'єкт, названий предметом, може відбивати багато або лише деякі з його властивостей. Число особливостей предмета завжди обмежене. Предмет має меншу кількість відтінків кольору, звуку, запаху й інших властивостей, ніж його прототип - реальний об'єкт. Уявлення про об'єкт при необхідності може бути доповнене якими-небудь раніше невідомими відомостями.

Наприклад, якщо в деякому ландшафті живе визначений вид тварин, то він виступає як речовинний об'єкт і має нескінченне число властивостей. При найдетальнішому і всеосяжному дослідженні цього виду будуть отримані лише деякі обмежені відомості про об'єкт дослідження. Залежно від мети вивчення можуть цікавити, наприклад, стрімкість переміщення тварин, їх плідність або швидкість метаболізму.

Компоненти можуть розглядатися як щось цілісне і неподільне, але можуть представлятися як складний предмет. Структура або будова - це щось єдине і цілісне, що складається з безлічі взаємозалежних і взаємодіючих частин. Причому взаємозалежні частини можуть бути мікро-, мезо- і макромасштабу. Структури можуть розумітися як просторові, часові і просторово-часові. [3]

Якщо просторовий і часовий масштаб відповідає найбільшим розмірам, розглянутим в екології, то такі найбільші структури прийнято називати комплексами. Тобто комплекс - це складна субстанція, що складається з декількох або багатьох взаємозалежних частин. При порівняльному масштабі поняття комплекс, структура і будова зближуються за змістом.

Комплекси можуть складатися з багатьох компонентів і тоді вони називаються компонентними комплексами. Якщо комплекси складаються з територіальних підсистем, то вони іменуються територіальними комплексами.

Компонентна будова антропогенного ландшафту розглядається в межах одного територіального комплексу, тобто в межах цілісної (неподільної) територіальної одиниці, обмеженої контуром. Компоненти - це матерія або якісно особливі речовини, що відрізняються формою організації або агрегатним станом. Як близькі за змістом до терміна "компонент" у літературі з ландшафтознавства і географії вживаються такі поняття як вертикальна, ярусна і речовинна будова. По агрегатному стану виділяються тверда, рідка і газоподібна речовина.

Компонентна речовинна будова включає наступні таксономічні одиниці: компонентні комплекси, група компонентів, один компонент, блоки елементів і, нарешті, елементи. В залежності від участі або не участі людини компонентні комплекси поділяються на природні (натуральні) та антропогенні (штучні). Диференціація компонентних комплексів відбувається в такий спосіб. У межах природних компонентних комплексів виділяються неживі (вони ж називаються абіогенні, близькими за змістом поняттями є "кісткова речовина" і екотоп) і живі (біогенні, жива речовина) групи компонентів (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Класифікація компонентів і комплексів системи.

Таксономічні категорії	Диференціація							
Компонентні комплекси	природні, натуральні, утворюючі середовище					антропогенні		
Групи компонентів	неживі, абіогенні, абіотичні, кісткова речовина			живі, біогенні, біотичні, жива речовина		техногенні		соціальні
Компоненти	літогенний	кліматогенний	гідрогенний	фотогенний, рослинність, фітотоп	зоогенний, тварини, населення, зоотоп	Місто утворюючі, промисловість, промисловий комплекс	містообслуговуючі, житлова забудова	суспільство
Блоки елементів (приклад)	гірські породи	повітряні маси	річковий потік	лугова рослинність, фітотоп	ссавці	нафтопереробна промисловість	водопостачання	мала соціальна група
Елементи (приклад)	осадові породи	хмари	зважені намети	лютикові	примати	нафтопереробний завод	полігон для захоронення відходів	люди

Антропогенні компонентні комплекси поділяються на соціальні і техногенні. Соціальні блоки компонентів класифікуються по суспільних групах різної чисельності. У межах техногенного можуть бути виділені, наприклад, паливно-енергетичні, металургійні, машинобудівні, нафтохімічні та агропромислові компонентні комплекси або блоки компонентів.

Паливно-енергетичний комплекс може включати наступні блоки елементів або компонентів: киснева, атомна енергетика та гідроенергетика. Машинобудівний комплекс складається з таких блоків елементів, як електротехнічна промисловість, важке машинобудування, транспортне й сільськогосподарське машинобудування, а також машинобудування для легкої і харчової промисловості. Агропромисловий комплекс складається з виробництва сільгосппродукції (рослинництво і тваринництво), переробної і харчової промисловості, а також може включати блок елементів, що забезпечує збереження, транспорт і реалізацію сільгосппродукції. Кожен блок елементів може складатися з елементів, наприклад, конкретних підприємств по збереженню, транспорту або переробці.

В сучасних умовах основну кількість комплексів техногенної групи зосереджено в містах і селищах. В урбаністиці утворюючі та обслуговуючі групи компонентів називаються, відповідно, містоутворюючими та містообслуговуючими. До містоутворюючих звичайно відносять комплекси, перераховані вище. Містообслуговуючий блок компонентів включає, по-перше, житлово-комунальне господарство, по-друге, комунікації, по-третє, установи культури (школи, музеї, пам'ятники архітектури). Кожний з компонентів, що становлять містоутворюючий блок, у свою чергу, складається з декількох блоків елементів. Наприклад, житлово-комунальне господарство включає різні типи житлової забудови, системи, що постачають у місто тепло, електроенергію, воду, продукти харчування і, нарешті, підприємства, що забезпечують збір, утилізацію і поховання відходів. Комунікаційні компоненти поєднують такі блоки елементів: автомобільний, залізничний, авіаційний і водний транспорт, а також радіо, телефонні, телевізійні і комп'ютерні засоби зв'язку.

Абіотична група компонентів складається з літогенного (геоморфологічного), кліматогенного (кліматоп) та гідрогенного (гідротоп) компонентів. Біотична група компонентів включає фітогенний (рослинний компонент, фітотоп) і зоогенний (фауногенний компонент, зоотоп).

У свою чергу природні компоненти поділяються на блоки елементів. Наприклад, кліматогенний компонент може включати повітряні маси і хмарні системи, опади, а зоогенний - популяції, групи організмів чи представників класу ссавців або з ряду, наприклад, хижаків.

Нарешті, блоки елементів складаються з елементів. Наприклад, блок елементів "опади" складається з елементів: дощові опади або навіть окрема

злива. А зоогенний блок компонентів може включати представників роду ведмедів або виду бурих ведмедів.

1.2 Містоутворюючі та містообслуговуючі компоненти у місті

Як зазначалося, техногенні компоненти в урбоекології поділяються на містоутворюючі та містообслуговуючі. Містоутворюючі компоненти – це підприємства чи сукупність підприємств, які є причиною розвитку, а іноді й заснування міста. [1, 2]

Виробництво речовини або енергії звичайно здійснюється у три стадії: 1) обробка, 2) переробка чи трансформація, яка включає концентрацію (збагачення) та перегрупування хімічних елементів, та 3) вторинна переробка, утилізація та поховання промислових відходів.

Як містоутворюючі виділяють такі види промисловості: паливно-енергетична (енергетика), металургійна, машинобудування, хімічна, легка та харчова. Паливно-енергетична промисловість включає кисневу енергетику (тепло-електростанції, які спалюють видобуте паливо: вугілля, нафту, газ). Металургійна промисловість включає чорну та кольорову металургію. Машинобудівна промисловість виробляє устаткування, машини, прилади та інструменти виробничого і побутового призначення. Хімічна промисловість виробляє пластмасу, гуму, волокна, барвники, добрива, отрутохімікати та інші матеріали. Нарешті, легка та харчова промисловість виробляє види продукції, призначені для задоволення особистих потреб городян.

Містообслуговуючі компоненти – це установи та підприємства, що здійснюють культурно-побутове обслуговування. Вони включають комунальне господарство, комунікації та заклади культури.

Комунальне господарство, його іноді називають житлово-комунальне господарство, складається з житлової забудови та систем, які подають в місто речовину та енергію. Житлова забудова або житло класифікується за видами та способами забудови. Види забудови характеризуються поверховістю будівель та їхніми габаритами. По способах забудови конструкції поділяються на збірні великопанельні, з фундаментами на палях та використанням підземних просторів під гаражі.

Постачальні системи включають енергопостачання, водопостачання та забезпечення побутовими товарами й продуктами харчування. Останні складаються з підприємств торгівлі, включаючи магазини, які продають предмети споживання та побуту, у тому числі й книжкові магазини. Житлово-комунальне господарство поряд з житловою забудовою та постачальними системами включає підприємства по збиранню, похованню та скиду побутових відходів. Для збору й транспорту рідких відходів використовується зливові або загальносплавна каналізаційна система. Тверді побутові відходи (ТПВ) збираються і транспортуються за межі

міста за допомогою сміттєзбиральної системи. Утилізаційні та сміттєспалювальні заводи, а також полігони й звалища для поховання і накопичення твердих відходів відносяться до очисних підприємств та споруд. [1, 7]

Містоутворюючі компоненти, як зазначалося, поряд з житлово-комунальним господарством включають комунікації як транспортні, так і зв'язку. Шляхи сполучення включають автотранспорт (громадський та індивідуальний), залізничний транспорт, авіа- та водний транспорт. Водний транспорт поділяється на річковий та морський.

Комунікації включають радіо, телефонний, телевізійний та комп'ютерний зв'язок.

І, нарешті, остання складова містоутворюючих компонентів – це заклади культури: школи, музеї, бібліотеки.

1.3 Тверді побутові відходи в місті

Тверді побутові відходи (ТПВ) – непридатні для подальшого використання предмети побуту та харчові відходи.

ТПВ звичайно включають: харчові відходи – 28-45%, папір, картон – 20-30%, зміт (діаметром менше 15 мм) – 7-18%, дерево – 1,5-4%, текстиль – 4-7%, скло – 3-8%, шкіра, гума – 1-4%, пластмаса – 1,5-5%, кістки – 0,5-2%, каміння, фаянс – 1-3%. На морфологічний склад та процентне співвідношення у місті впливають багато чинників, у тому числі ступінь благоустрою забудови, кліматичні умови. Тому наведені вище цифри досить умовні. Наприклад, харчові відходи навесні складають 28%, а влітку та восени - 45%.

Хімічний склад ТПВ для кожної кліматичної зони України орієнтовно має такі показники (у % від сухої маси): органічна речовина – 56-80%, зольність – 20-44, загальний азот – 1.2-2.7, кальцій – 4-5.7, вуглець – 28-39, фосфор – 0.5-0.8, загальний калій – 0.5-1.1 та вологість (у % від загальної маси) – 35-70%.

ТПВ утворюються від житлових будівель та громадських установ (підприємства громадського харчування, учбові, видовищні установи, готелі).

Норми накопичення та склад ТПВ визначаються ступенем благоустрою житлового фонду (наявність водопроводу, каналізації, сміттепроводу, системи опалення), поверховістю, культурою торгівлі, добробутом населення, сезоном. Середньодобова норма накопичення ТПВ на одного мешканця складає близько 1 кг на добу. Збирання ТПВ проводять без розділення на складові (валовий збір) та з розділенням на інгредієнти (роздільна або селективна система збору). Валовий збір може здійснюватись шляхом вивозу сміття з певною періодичністю при накопиченні сміття у сміттєзбирачах чи без них. Бачки для накопичення

сміття виготовляють з пластмаси, сталі чи алюмінію. Їх ємність залежить від об'єму накопичуваного сміття. У будівлях підвищеної поверховості влаштовуються сміттєпроводи різної конструкції. Роздільний збір потребує від населення свідомого підходу до видалення ТПВ, додаткової тари та спецтранспорту для вивезення кожного виду вторсировини. В Україні селективний збір поки що не отримав розвитку.

Для транспортування ТПВ застосовується спеціальний сміттєвізний транспорт місткістю від 6 до 60м³. Для зменшення об'єму ТПВ у 1,5-2 рази в цьому транспорті застосовуються ущільнювачі зворотно-поступальної дії. Із зростанням міст місця накопичення та знешкодження ТПВ все більше віддаляються. Відповідно зростає вартість транспортних витрат на перевезення.

Методи знешкодження та переробки ТПВ можуть бути розподілені на три групи: утилізаційні, ліквідаційні та мішані.

На Україні найбільш розповсюджене складування на полігонах чи звалищах (ліквідаційно-механічний спосіб), спалення (ліквідаційно-термічний спосіб) та компостування (утилізаційно-біологічний спосіб). Перераховані технології застосовують у комплексі з вийманням та утилізацією окремих складових ТПВ.

Для механізованого виймання складових (ручний збір в Україні заборонено) застосовують магнітну, пневматичну електричну або гідросепарацію.

Для складування відходів використовують звалища або полігони. Полігони як природоохоронні споруди мають забезпечувати атмосферу, ґрунти, підземні та поверхневі води від забруднення. Строк служби полігону звичайно складає не менше 15-20 років. До полігону має бути підведена дорога з твердим покриттям. Розміщення полігону відбувається на відстані від найближчого дому не менше 500м. Полігон по всьому периметру відділяється захисною лісосмугою шириною не менше 20м. Для експлуатації полігон розбивається на черги. Період експлуатації кожної черги – 3-5 років. Кожна черга при цьому поділяється на пускові комплекси з часом складування кожного 1-2 роки.

Для захисту ґрунтових вод при будівництві створюється спеціальний протифільтраційний екран, який вкриває днище та борти полігону. При цьому передбачаються системи відводу та очищення фільтрату. Для контролю за якістю ґрунтових вод створюється система спостережних свердловин. Захист повітряного басейну від забруднення здійснюється при експлуатації перекриттям заповнених карт полігону шарами будівельного сміття чи ґрунту. [7]

Майданчик під полігон обирається з урахуванням рельєфу, розташування доріг, населених пунктів, рози вітрів, характеристики ґрунтів. Місткість полігону (E_m) визначається за формулою:

$$E_m = \frac{K}{4} \cdot T \cdot (Y_1 + Y_2) \cdot (N_1 + N_2), \quad (1.1)$$

де T – строк служби полігону (роки); N_1 та N_2 – чисельність населення на першій та останній роки експлуатації; Y_1 та Y_2 - питомі річні норми накопичення на першій (фактичні дані) та останній роки експлуатації (м³/люд. на рік); K – коефіцієнт, враховуючий ущільнення ТПВ за весь строк служби полігону й об'єм проміжних та зовнішніх ізолюючих шарів ґрунту.

На плоских ділянках полігони влаштовують висотного або траншейного типу. Полігон висотного типу утворюють шляхом обвалування території. Полігони траншейного типу створюють прокладанням траншей глибиною 3-6м і шириною по верхньому краю 10-12м. Вийнятий ґрунт використовують для засипання ТПВ при експлуатації. Довжина траншеї створюється з урахуванням прийому ТПВ протягом 1-2 місяців. Можливо для складування використовувати яри чи відпрацьовані кар'єри.

Після закінчення експлуатації полігонів необхідна їх рекультивація.

Контрольні питання для самоперевірки

1. Які групи компонентів належать до природних?
2. Які компоненти належать до абіогенних?
3. Які компоненти належать до біогенних?
4. Які компоненти належать до антропогенних?
5. Чим відрізняються містоутворюючі та містообслуговуючі компоненти у місті?
6. З яких блоків складаються містоутворюючі компоненти?
7. З яких елементів складається комунальне господарство?
8. Що таке тверді побутові відходи?
9. З чого складаються тверді побутові відходи?
10. Які види складування відходів використовуються на Україні?
11. Як визначається місткість полігону?

2 ЗМІНА ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОНЕНТІВ, ЯКІ УТВОРЮЮТЬ СЕРЕДОВИЩЕ У МІСТІ

2.1 Зміна літогенного компонента

При характеристиці властивостей літогенного компонента після будівництва та тривалої експлуатації міської території звичайно цікавляться змінами рельєфу та ґрунтів міської смуги. Говорячи про рельєф, насамперед враховуються зміни позначок поверхні землі. В середньому у процесі формування та експлуатації території міста позначки земної поверхні поступово зростають. Формується так званий “культурний шар”. Середнє підвищення позначок рельєфу відбувається за рахунок збільшення потужності антропогенних відкладень. Наростання культурного шару відбувається за рахунок поступового, повільного накопичення відкладень пилу та будівельного сміття. Наприклад, у місті Новгороді (Росія) на колишній базарній площі, розташованій навпроти кремля, вхід до церкви розташований не вгору по сходам, як належить, а вниз на 2-3 м. Давні церкви опинилися нижче позначок поверхні ринкової площі за рахунок наростання культурного шару.

Розкопки, проведені професором А.О.Добролюбським в місті Одесі у сквері біля Оперного театру показали, що потужність культурного шару за 200 років склала порядку 8 метрів. Культурний шар в центрі Парижу становить 20 м, в Лондоні – 25 м, у Москві – 22 м, а у Києві навіть 26 м.

Підвищення позначок рельєфу відбувається повільно й поступово. Але в окремі роки в результаті природних катастроф або воєнних дій підвищення місцевості може відбуватися досить швидко насамперед за рахунок руйнування будівель. У 1666 році в Лондоні за 4 дні розбурхана пожежа знищила 400 вулиць, 13200 будинків, 87 церков, у тому числі собор Святого Павла. При окупації Польщі у 1939 році місто Варшава за розпорядженням Гітлера було стерте з обличчя землі. Об’єм руйнувань при цьому склав 20млн. м³ і відмітка поверхні рельєфу зросла одразу на 1,5 м. Сьогодні у Римі античні акведуки та підземні стічні канали розташовані в центрі міста на великій глибині. З поверхнею їх з’єднують гвинтові сходи. В Єрусалимі, в центрі старого міста, сьогодні демонструється розкоп на всю глибину культурного шару, яка перевищує 35 м.

Особливо інтенсивно накопичення відміток місцевості у місті відбувається в пониженнях рельєфу. Насамперед яри, балки, долини малих рік у центрі міста виявляються суттєво засипаними, а в окремих випадках і нівельовані до бровок. В Одесі яр, що йде у бік порту під Сабанєєв міст, у часи О.С.Пушкіна розсікав вулицю Дерібасівську. Тепер на Дерібасівській від нього не лишилось і сліду. Величезний яр в Аркадії засипаний майже повністю. Сьогодні вулиця Балтська в Одесі мало схожа на долину малої ріки, хоча на карті 1888 року ріка показана як існуюча.

Якщо річкова або морська заплава виявляється розташованою в межах міста, то її відмітки нарастають. Територія району Пересипі в Одесі була сформована природним чином за рахунок перевідкладення морських наметів у прадолині річки Великий Куяльник. У XV столітті Одеські лимани ще з'єднувалися з Чорним морем. Сьогодні наростання позначок Пересипі відбувається досить повільно за рахунок антропогенного впливу. Як відомо, майже всі пляжі у місті Одесі намиті штучно і їхні позначки суттєво вище природних. Позначки пойми ріки Дніпро у Дарницькому районі міста Києва перед забудовою були намиті на 6 метрів протягом кількох років. Численні приморські території при створенні міст також спеціально наминаються. У місті Санки-Петербурзі позначки острова Адміралтейський були штучно збільшені на 1,07 м, а поверхня Літейного проспекту була підсипана на 2,13 м. Штучний налив ґрунтів підводних мілководь у Нідерландах та Японії загальновідомий.

Наряду з підвищенням позначок рельєфу територій після створення міста можливі й пониження. На природних підвищених елементах рельєфу після початку будівництва та експлуатації території під житлову забудівлю відбувається їх природне пониження. Горби, розташовані в центрі Києва, знизили свої позначки. Кар'єри й катакомби, що раніше служили для видобутку будівельних матеріалів, спочатку розміщуються за межами історичного центру міста, але з часом вони опиняються в межах міської смуги. Колишні кар'єри вимагають рекультивації, проте можуть бути причиною формування знижених позначок. Місця розташування катакомб і шахт при їх розміщенні на території міста можуть спричинити просади та провали. Павутиння катакомб в Одесі часто стає джерелом подібних явищ.

Наряду з рельєфом причиною зміни літогенного компонента в місті є ґрунт (нижній, неродючий шар землі; далі "ґрунти"). Видозмінюється структура, механічний склад, напруженість ґрунтів, а також умови їх промерзання. При будівництві відбувається виймання й переміщення ґрунту. В окремих випадках структура порушується при поверненні ґрунту у переробленому вигляді. Зміни напруженості в ґрунті відбуваються при порушенні статистичного та динамічного навантаження. Статистичне навантаження є результатом зведення будівель, особливо після зведення багатоповерхових споруд. Динамічні навантаження виникають у випадку використання підричних робіт при спорудженні об'єктів та від вібраційних навантажень, пов'язаних з експлуатацією метрополітену чи інших видів транспорту.

Промерзання ґрунту у місті змінюється в результаті створення дорожнього покриття та будівництва споруд. Промерзання залежить від багатьох факторів і в першу чергу від кліматичних характеристик. Та в цілому під покриттям промерзання ґрунту зростає під асфальтом на 25-30 см, а під бетоном до 40-50 см. Довкола будівель, що не опалюються, промерзання, як правило, у місті не змінюється, а довкола будівель, що

опалюються – зменшується. Верхній, родючий шар землі, який містить гумус (далі “грунти”), у місті за рахунок будівництва на значних територіях знищується повністю. У парках, скверах, ботанічних садах, де ґрунт зберігся, він зазнає суттєвих фізичних, хімічних та біологічних змін. В межах міста в ґрунтах, як правило, відсутні природні генетичні горизонти. Механічний склад ґрунту змінюється за рахунок домішок, які визначаються насамперед присутністю будівельного сміття. Нарешті, фізичні властивості ґрунту змінюються за рахунок ущільнення. Воно визначається, за інших рівних умов, кількістю людей, які відвідують парк чи приміську зону. При кількості відвідувань менше 10 чоловік на 1га за добу вони не чинять шкоди. При кількості відвідувань 100 чоловік/га необхідно регулювати пересування відпочиваючих шляхом підтримання стежин та доріжок. Повне порушення природних умов за рахунок ущільнення ґрунту відбувається при відвідуванні 1000 чоловік/га. У цьому випадку необхідно передбачати влаштування асфальтованих пішохідних доріжок. Хімічні забруднення ґрунту в межах міста зазвичай зумовлені викидом виробничими підприємствами пилу, попелу й шлаку. У приміській зоні осідання пилу може складати порядку 4-6т/км², в житлових масивах – 80-200т/км², на території промпідприємств - 400-700 і навіть до 1000т/км². Досить часто хімічне забруднення ґрунту пов’язане із застосуванням отрутохімікатів при обробці зелених насаджень.

2.2 Зміна гідрогенного компонента у місті

2.2.1. Зміна поверхневих вод

Поверхневі водні об’єкти (водостоки, водойми й моря) та підземні води, розташовані в межах міської смуги чи поруч з міською територією, зазнають суттєвих змін. Видозмінюються кількість (фізичні властивості), якість (хімічні властивості) та біологічні властивості поверхневих вод. Зміна кількості поверхневих вод проявляється у скороченні гідрографічної мережі.

Гідрографічна мережа – це сукупність річок різного порядку. Від головної ріки до її приток другого, третього і так далі порядків. Гідрографічна мережа під впливом міста скорочується. Насамперед зникають у межах міста найбільш мілкі річки. Проте змінюються також і середні, і навіть великі ріки.

Наприклад, у місті Києві річка Либідь на всій довжині тепер протікає в бетонному колекторі. А річка Нивка перетворена у межах міста Києва на ланцюжок ставків. Річка Віта у верхній течії представлена ланцюжком меліоративних каналів.

На території міста Москва було 150 річок та струмків. В тому числі у річку Москва впадало 90, а в річку Яuzu – 60 водостоків. Зараз з цієї

кількості 50 річок та струмків взагалі не існує, а 70 протікають у бетонних колекторах.

Морфологія русел річок, які протікають через територію міст, суттєво змінена. Укріплення берегів, спрямлення русел, створення інженерних споруд, запрудження та будівництво водоймищ докорінно змінюють морфологічні та гідродинамічні характеристики річок.

Річковий стік та секундна витрата води в річках також зазнають змін.

$$\theta_{\max} = C \cdot i \cdot F, \quad (2.1)$$

де θ_{\max} - максимальна витрата води у річці, м³/сек ;

i - інтенсивність опадів, мм/хв.;

C - коефіцієнт стоку, (див. табл. 2.1);

F - площа водозбору.

При створенні міських територій інтенсивність опадів та площа водозбору річки практично не змінюється. А коефіцієнт стоку може змінюватись до 10 разів. Відповідно, максимальна витрата може збільшуватись з міської забудови у кілька разів.

Якщо максимальна витрата при створенні у місті водонепроникних поверхонь (дахи будинків, дороги) збільшується, то мінімальна витрата в річках зменшується, тому що поповнення ґрунтових вод у межах міста скорочується, тобто зменшується і ґрунтове живлення річок. Однак середня витрата річок змінюється незначно.

Таблиця 2.1 - Зміна коефіцієнта стоку в залежності від характеристики поверхні, яка підстеляється

Х а р а к т е р и с т и к а		С
розташування	поверхні	
центральні райони міста	асфальт, дахи	0,7 – 0,9
житлові квартали	брущаті бруківки	0,6 – 0,7
промислові райони	щебеневі покриття	0,5 – 0,9
парки	ґрунти та садово-паркові доріжки	0,1 – 0,3
газони	сплановані поверхні ґрунту	0,1 – 0,2

Якщо у межах або вище міста відбувається водозабір чи має місце викид стічних вод нижче міста, то, природно, секундна витрата й стік річки змінюються на відповідну величину. Руслові процеси на урбанізованих об'єктах звичайно зазнають дуже суттєвих змін. Причому накопичення наметів в конкретних умовах може як збільшуватись, так і зменшуватись. При створенні ставків та водоймищ відбувається накопичення наметів. В

створах розташування стискаючих гідротехнічних споруд (мостові переходи, напівзагати) мають місце руслові деформації.

Якість води у водних об'єктах, що знаходяться у місті або протікають через нього, визначається насамперед ступенем очищення та об'ємом міських стічних вод, які у них скидають. Об'єм міських стічних вод (θ), що потрапляють до каналізаційних систем, визначається за формулою:

$$\theta = \theta_1 + \theta_2 + \theta_3, \quad (2.2)$$

де θ_1 – об'єм господарсько-побутових стічних вод;

θ_2 – об'єм промислово забруднених вод;

θ_3 – поверхневий стік з території міста.

Господарсько-побутові стічні води (θ_1) виражаються залежністю

$$\theta_1 = q_d N, \quad (2.3)$$

де q_d – питома норма побутового водоспоживання, яка визначається ступенем комфортності та забезпеченості водообліку у житловому фонді;

N – число мешканців у місті. Кількість забруднюючої речовини у побутових стічних водах у г/доба·люд. Орієнтовно може складати: завислих речовин – 65, БПК₅ – 35, азот амонійних солей (NH₄⁺) – 8 та хлоридів – 9 г/доба·люд. За інших рівних умов кількість забруднюючих речовин, природно, тим більша, чим вища чисельність населення у місті. Об'єм стічних вод, які потрапляють до водних об'єктів з промисловими стічними водами (θ_2), залежить від питомої норми (q_{ij}) водовідведення виробничих стічних вод на виробництво одиниці (1 тони) та об'єму (в тонах) продукції, що випускається (P_{ij}), кожного виду продукції (i) на кожному з підприємств у місті. $i = \overline{1, m}$; $j = \overline{1, n}$, де m – кількість видів продукції на кожному з підприємств; n – число підприємств у місті.

$$\theta_2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (P_{ij} \cdot q_{ij}) \quad (2.4).$$

Поверхневий стік з території міста (θ) визначається за залежністю (3.1), але замість площі водозбору (F) підставляється площа міста (F_m). З (3.2) з урахуванням (3.3) та (3.4) одержимо:

$$\theta = q_d N + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (P_{ij} \cdot q_{ij}) + C \cdot F_m. \quad (2.5).$$

В середньому θ_3 складає 8-15%, але в окремі роки може складати 30 і навіть більше відсотків від θ .

Іноді такі забруднення носять катастрофічний характер. Так, через скид стічних вод у річку Бик, яка впадає у р. Дністер в нижній течії, у лютому 1999 року у водопровідних кранах міста Одеси був зафіксований підвищений вміст фенолів.

У нафтогавані Одеського морського порту кілька років тому з трюму мальтійського судна витекла сира нафта. Нафтогавань була перекрита бонами, а п'ять нафтосміттєзбирачів зібрали 49,5 т нафти. Нафтова плівка, що залишилася, була нейтралізована адсорбуючим препаратом. Завдяки притискаючому вітру та активним діям по збиранню нафти пляжі міста Одеси не постраждали. Штрафні санкції по відношенню до порушника склали порядку 16 мільйонів доларів.

Якщо в місті існують теплові чи атомні електростанції, металургійні, коксохімічні та нафтопереробні заводи, то за рахунок скидання підігрітих промислових стоків можливе також теплове забруднення водойм, водоприймачів. Якщо різниця температури води (Δt) у водних об'єктах та скидних вод складає більше 3%, то таке забруднення визначають, як теплове.

2.2.2 Зміна рівня підземних вод у місті

В умовах міста рівень підземних вод може як підвищуватись, так і знижуватись. Зниження рівня ґрунтових вод та утворення депресійної воронки на території міста відбувається при їх примусовому вийманні. Якщо водопостачання міст здійснюється за рахунок підземних вод, можливе їх пониження до глибини 5-10 і навіть до 70 м. Відкачування вод при глибокому закладанні будівельних фундаментів також може призвести до локального пониження ґрунтових вод на прилеглих територіях.

Щільна забудова сприяє пониженню рівня ґрунтових вод у межах міста на 2-4 м. Досить розповсюдженим є пониження рівня підземних вод при відкачуваннях з проммайданчиків. Діаметр депресійної воронки в цих умовах може зростати до 10 км, а пониження позначки підземних вод – до 1 км. Такі явища розповсюджені в районах видобутку вугілля шахтним способом. Скидання шахтних вод сприяє забрудненню водостоків та водойм. При видобутку руд та будівельних матеріалів поверхневим способом відкачування рудних та кар'єрних вод призводить до пониження підземних вод на десятки і навіть сотні метрів.

Наслідком виймання підземних вод являється не тільки пониження рівня та формування депресійної воронки, але також цілий ряд інших негативних явищ. Поряд з забрудненням поверхневих вод, може мати місце зменшення заводнення криниць, аж до їх повного висихання. Можливе також скорочення межового стоку річок, особливо малих, що

визначається порушенням гідравлічної взаємодії поверхневих та ґрунтових вод. Нерідко зменшення стоку супроводжується зниканням річок та водойм. Відкачування та зневоднення водонасичених в минулому геологічних товщ часто приводять до осідання місцевості. Такі явища мають місце і у відносно невеликих населених пунктах Криму, і у містах-гігантах, таких як Москва, Мехіко й Токіо.

Якщо антропогенне пониження рівня ґрунтових вод відбувається на приморських територіях, можливе підземне перетікання солоних вод з моря на сушу. Таке явище називається інтрузія і супроводжується підвищенням мінералізації ґрунтових вод.

В умовах міста поряд з пониженням можливе й зворотне явище – підвищення рівня підземних вод з формуванням куполу підтоплення. Зростання позначок рівня відбувається при надмірному надходженні стоку в підземні води. Основним причинами формування на території міста куполу підземних вод є наслідки негативної антропогенної діяльності. Витоки з міського водопроводу та каналізації в окремих випадках можуть складати 10 і навіть більше відсотків від витрати водопостачання. Можливі фільтрації з накопичувачів скидних вод, зі звалищ твердих відходів при випаданні на їхню поверхню зливових опадів. Найбільш суттєві фільтраційні втрати можливі з великих та середніх водоймищ. При застосуванні зрошення в межах міста, а також при надмірному поливі скверів також можливе підживлення підземних вод.

Підвищення рівня підземних вод на території міста звичайно супроводжується їх забрудненням. Наближення рівня підземних вод до поверхні може призводити до підтоплення підвальних приміщень у житловому фонді. В умовах насичення ґрунту водою небезпека руйнації від землетрусу підвищується.

В Одесі на початку забудови селища Котовського (Суворівський район) рівень води від поверхні був розташований на глибині 14-15 м. В теперішній час, особливо на території, що прилягає до Лузанівки, має місце підтоплення. В Одеських Черьомушках рівень води у спостережних свердловинах підвищився з 17 м від поверхні до початку забудови до 3 м у теперішній час.

2.3 Зміна біогенного компонента в місті

Біогенні компоненти у місті змінюються за рахунок їх знищення та культивування, “введення” нових видів на території міста. Знищення може бути безпосереднім і через зміну місцеперебування. Як у стародавні часи, так і тепер “освоєння” території починається з часткового чи повного знищення біогенних компонентів. Видобуток ділової деревини, полювання, рибальство, “підготовка” території для сільського господарства чи міської забудови – усе це приклади безпосереднього

знищення. Але зміна біоти на території міста частіше за все відбувається при порушенні місцеперебування. Не різко, поступово під впливом антропогенного діяння відбувається зміна ландшафту й абіотичних компонентів. І це, природно, призводить до поступового витіснення біогенних компонентів.

По мірі формування забудови та інфраструктури міста зростає ступінь антропогенізації та неоднорідності, гетерогенності місцеперебування. Відповідно формується мозаїчність розвитку біогенних компонентів.

Як рослинність, так і тваринний світ після створення міста зазнають змін не стільки в плані чисельності, кільки в плані зміни видів, що мешкають. Чисельність рослинності і тварин у місті може суттєво змінюватися як у бік їх збільшення, так і в напрямку скорочення аж до повного знищення.

2.3.1 Зміна рослинності після створення міста

У ландшафтах з деревною рослинністю по мірі розширення селітебних територій дерева поступово вирубуються. Під час експедиції 1989 року вздовж ріки Іртиш (в Західному Сибіру), де неторкана тайга підходить до самого берега, повсюдно довелось спостерігати поступове зріджування деревної рослинності по мірі наближення до населеного пункту. Причому в самому населеному пункті від тайги збереглися лише лічені дерева. Практика повного знищення деревної рослинності на будівельному майданчику та в межах міста розповсюджена досить широко і, на жаль, має місце й сьогодні.

На щастя в Сибіру ж доводилося спостерігати і протилежні приклади. Так, при створенні міста Дивногорська, яке розташоване поблизу Красноярської ГЕС, дерева вирубувались лише на майданчиках фундаментів. В результаті Дивногорськ з протилежного берега виглядає не як житлова забудова з безліччю дерев, що збереглися, а як тайга, в якій вкраплені п'ятиповерхові будівлі. Академмістечко, яке було збудоване під Новосибірськом на правому березі Новосибірського водосховища, також було побудоване з максимальним збереженням тайги. Люди, що мешкають в академмістечку, мали змогу збирати гриби просто біля своїх котеджів або п'ятиповерхівок.

Олександр Дерібас, характеризуючи територію нинішньої Одеси, писав: “неприваблива місцевість, яка круто обривається до моря, без найменшої рослинності”. Сьогодні Одеса – досить зелене місто, а приморські схили просто втопають у зелені. Відповідно до росту чисельності деревної рослинності суттєво змінюється її видове розмаїття. Причому в різних містах воно може як зростати, так і скорочуватись. [2] Так в Одесі сьогодні з 800 видів деревної рослинності аборигенами є всього лише 10. липа й каштан на Соборній площі, горіх та виткі рослини

(дикий виноград, плющ, хміль) на площі Толбухіна та проспекті Шевченка, катальпа на вулиці Катериненській, софора японська (з сімейства бобових) на площі біля Оперного театру, клен, дуб, верба, горобина, ялини, сосни, шовковиця – все це завезені, культивовані види. Навіть “біла акація-робінія (псевдоакація), яка давно стала символом Одеси – виходець з Америки.

Поряд зі зміною чисельності та видової різноманітності відбувається зміна властивостей рослинності, що зростає у місті. Тривалість життя деревної рослинності у місті зменшується. Якщо у природному лісі тривалість життя в’яза – 350 років, то в парку вона складає приблизно 130 років, а на бульварі – всього 40 років. Відповідні цифри для липи: 300, 125 та 50 років, а для ясена – 250, 60 і 40 років.

Захворюваність деревних рослин у місті зростає та проявляється у всиханні верхівок. Скорочується швидкість самовідновлення рослинності. У парках має місце зріджування підросту. Деревя в них переважають одновікові. Лугові трави часто змінюються бур’янами. В місті більшою мірою, ніж раніше, з’являються посухостійкі рослини – ксерофіти.

За типом споживача насадження в місті поділяються таким чином: загального, обмеженого, спеціального та техногенного призначення. Насадження загального користування – це бульвари й парки. Іноді серед останніх виділяють парки культури, меморіали, лісопарки, лугопарки, гідропарки. До територій обмеженого користування відносяться учбові парки, в тому числі ботанічні сади та лікувально-рекреаційні (території лікарень, санаторіїв, будинків відпочинку). Санітарно-захисні, охоронні насадження, садо- й лісорозсадники, а також кладовища відносяться до насаджень спецпризначення. Лісосмуги, куртинні та суцільні насадження довкола, а при рекультивації і на території відвалів, насипів та звалищ відносять, зазвичай, до насаджень техногенного призначення.

Зелені насадження у місті виконують санітарно-гігієнічні, структурно-планувальні, маскувально-архітектурні й декоративно-художні функції.

Санітарно-гігієнічні або рекреаційні функції насаджень полягають не тільки в тому, що рослини виділяють кисень та поглинають вуглекислий газ, але вони також запобігають шуму, вловлюють шкідливі речовини. Наприклад, фруктові дерева затримують на листовій поверхні пил і важкі метали, очерет накопичує в кореневій системі пестициди, гриби набирають радіонукліди. Рослини також благодійно впливають на здоров’я людини. Дубові алеї корисні при серцево-судинних захворюваннях. Соснові ліси показані хворим з пошкодженням дихальних шляхів.

Структурно-планувальні або розмежувальні функції зелених насаджень реалізуються при розділі доріг з різною направленістю руху. Функції огороження виконуються також живими огорожами. Для організації простору та оздоблення громадських будівель також використовуються

рослини, особливо виткі та декоративні, при цьому реалізуються архітектурно-маскувальні функції рослин. При проектуванні будівель разом з природою створюються умови, за яких людина не відірвана від природи, а розчинена у ній.

І, нарешті, рослини можуть виконувати декоративно-художні функції. При цьому створюються умови психологічного комфорту. Рослини ушляхетнюють середовище перебування людини.

Для реалізації перерахованих різноманітних та досить тонких функцій використовуються спеціальні принципи підбору рослин: екологічний, біоценотичний та декоративний.

Екологічний принцип підбору рослин направлений на гармонійне сполучення флори з кліматичними, гідрологічними й ґрунтовими особливостями ландшафту.

Підбір рослин біоценотичним способом передбачає взаємний сприятливий вплив рослин одна на одну.

І, нарешті, при декоративному принципі підбору рослин беруть до уваги емоційний вплив рослинності на людину. Вид рослинності може людей збуджувати, але може й заспокоювати, налаштовувати, скажімо, на ліричний лад. При цьому враховуються розміри, форма, фактура, забарвлення стовбурів, кори, квітів, листя й крони в цілому. Наприклад, пірамідальна форма крони, спрямована вгору, збуджує, а овальна зі спадаючими, як у верби, гілками та виткими стовбурами чи з такими, що стеляться, навпаки заспокоюють.

Коли підбирають дерева за формою листя, то враховують оригінальність форми. Дуже ефектно виглядають роздроблені форми листя кленів, акацій, шовковиці чи катальпи. За величиною листя розрізняють дерева з дуже великим листям, наприклад, грецький горіх, з листям середньої величини (інжир, каштан, платан), з дрібним листям (вільха, горобина, софора) і, нарешті, з дуже дрібним листям (біла акація, верба). Якщо рослини підбирають за забарвленням, то враховують строки осіннього в'янення, цвітіння, плодоносіння дерев і кущів. Прогулянкові доріжки облямовують рослинами з гарними, великими квітами, наприклад, магнолія. У глибині саду часто розташовують рослини з рясним цвітінням такі, як яблуня, вишня, бузок. Часто рослини підбирають за фенофазами з раннім та пізнім розпусканням листя навесні, зі стабільним та мінливим забарвленням та опаданням листя восени.

Особливо гостре й глибоке співтовариство людини з дикою природою проявляється у садово-парковому мистецтві. Тут проявляється синтез природного, природно-штучного та штучного. Дивним прикладом використання природного в садово-парковому мистецтві є гори і кам'яний хаос, розташовані над Алупкінським парком в Криму, та блакить моря, що облямовує його знизу. Природно-штучними елементами в садово-парковому мистецтві являються такі елементи літогенного компоненту, як

грати, доріжки з кольоровим піском, звивисті алеї; гідрогенного – ставки з декоративними кораблями, каскади водоспадів, струмки і, нарешті, біогенного компоненту – клумби з ароматними травами і квітниками, плодові та ягідні посадки, чагарники – стінки. Штучними складниками садово-паркового мистецтва є палаци, ермітажі, паркові павільйони, оранжереї, садові бібліотеки з “забутою” книгою, лабіринти, статуї, фонтани. Особливо велике значення в садово-парковому мистецтві мають алеї, призначення яких - переходи з однієї ізольованої частини саду в іншу, а також алеї для ранкових, полуденних або вечірніх прогулянок з урахуванням напрямку сонячних променів, тіней, відображень у воді, ароматів.

2.3.2 ЗМІНА ТВАРИННОГО СВІТУ ПІСЛЯ СТВОРЕННЯ МІСТА

Тваринний світ після створення міста характеризується найбільшими порушеннями. Зміни включають: 1) практично повне зникнення природних популяцій; 2) майже повне порушення природних трофічних ланцюгів та інших видів зв'язків; 3) зміну чисельності; 4) різку трансформацію видової різноманітності.

Трансформація видів переважно відбувається за рахунок ліквідації попередніх та пристосування нових видів: численних свійських та паразитичних тварин. Проте в деяких містах відмічається збереження до 50-100 видів птахів, 8-10 видів ссавців і велика кількість комах. [6]

В цілому тварини в місті можуть бути розділені на дві групи. Перші тварини суттєво менші за кількістю – реліктові, тобто тварини, які первісно існували на території, де було створене місто. І друга група тварин у місті – це прийдешні, адвентивні – завезені, перенесені ззовні.

Реліктові тварини на території міста зберігаються частіше за все у водостоках (наприклад, планктон, іхтіофауна) та в ґрунті. Зберігаються також деякі дрібні та рухливі тварини (наприклад, білки), птахи й комахи.

Прийдешні поділяються на синантропів та несинантропів. Останні включають епілітних тварин, що селяться у скелях, в катакомбах, у виступах будівель, та троглобіонти, які мешкають в норах, печерах, підвалах. До епілітних відносяться, наприклад, голуби, сапсани, кажани, горобці, стрижі. У німецькому місті Гамбурзі, наприклад, живе 150-200 тисяч голубів.

Найбільш широко представлені в містах синантропи, які живуть поблизу людей. Виділяються часткові та суворі синантропи. Прикладом часткових синантропів є ворони, чайки, лебеді, що мешкають поруч з людьми і використовують для годівлі звалища. До суворих синантропів відносяться паразити (клопи, таргани, міль) та свійські тварини.

В передмістях, у селищах міського типу переважає свійська худоба: корови, коні, кози, качки, кури, ондатри. У середніх та великих містах суворі синантропи в основному представлені ссавцями (коти, собаки, морські свинки, білі миші), птахами та акваріумними рибками, рідше – черепахами. У Берліні, наприклад, наприкінці вісімдесятих проживало сорок тисяч собак та шістьдесят тисяч котів. В Москві, де одних тільки собак мешкає більше 1 мільйона, розроблений законопроект про виплату власниками собак комунальних послуг, включаючи споживання гарячої та холодної води, газу, вивіз сміття. До бюджету Москви від цієї міри передбачається надходження трьох мільйонів доларів.

Не дивлячись на удавану простоту регулювання кількості тварин у місті, проблеми ці досить складні. З одного боку собаки, кішки, білі миші, морські свинки, папуги, риби, що утримуються в квартирах – це об'єкт любові, турботи, співчуття не тільки дорослих, а й дітей. З іншого боку, тварини в місті – це не тільки паразитолого-гігієнічні проблеми, але й проблеми безпеки. Екскременти тварин – джерело захворювань і навіть епідемій. Багато тварин є переносниками хвороб. Наприклад, голуби переносять віруси інфекційного захворювання людини орнітоз, яке супроводжується головними та м'язовими болями. Однією з мір боротьби з птахами, в тому числі з воронами, які не так давно заповняли дерева на вулиці Пушкінській в Одесі, стала трансляція по гучномовцю записаних криків небезпеки.

Пацюки також є потенційними переносниками захворювань. І боротьба з ними не завжди виявляється простою. Коли у французьких містах було оголошено премію за хвости вбитих пацюків, їх почали розводити. Відомо, що у столиці Індії Делі корови – священні. Вони спокійно бродять центральними вулицями, ускладнюючи рух та породжуючи гігієнічні проблеми. Бродячих корів вивозять за місто. Потім вони знов з'являються на тих самих вулицях. Спонтанне розмноження собак в містах України призводить до формування напівдиких зграй, які небезпечні не тільки для дітей, а й для дорослих. Правильне та відповідальне утримання тварин, диференційне оподаткування, примусове регулювання кількості – все це зовсім не прості питання як з економічної, так і з соціальної точок зору. Погляди на ці питання лікаря-кінолога та жалісливих бабусь відрізняються діаметрально.

Контрольні питання для самоперевірки.

1. Як змінюються позначки зеленої поверхні у місті?
2. Як змінюється ґрунт у місті?
3. Як змінюється річковий стік та гідрографічна мережа у місті?

4. З чого складається об'єм стічних вод, які скидаються з міста?
5. Що є показником зміни рівня підземних вод?
6. Що є наслідком пониження рівня підземних вод у місті?
7. Що є наслідком підвищення рівня підземних вод у місті?
8. Як змінюються біогенні компоненти у місті?
9. Наведіть приклади зміни властивостей рослинності.
10. Які бувають типи споживання насаджень у місті?
11. Які функції виконують насадження у місті?
12. Які є принципи підбору рослин у місті?
13. Що є садово-парковим мистецтвом?
14. Які бувають зміни тваринного світу після створення міста?
15. Які групи тварин відносять до реліктових?
16. Чим відрізняються реліктові види від завезених груп тварин?
17. В чому складність проблем кількості тварин у місті?

3 ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ МІСТ УКРАЇНИ

Україна – індустріально-аграрна країна з високою часткою важкого машинобудування. В містах мешкає близько 70% населення, тут же розташовано більше 80% промислових підприємств. Більше 90% твердих, рідких та газоподібних відходів утворюється в містах.

Складна екологічна обстановка в містах зумовлена концентрацією підприємств хімії та нафтохімії, гірничої промисловості, заводів чорної та кольорової металургії, теплоенергетики, а також цементних заводів. У таких містах, як Донецьк, Запоріжжя, Дніпродзержинськ, Кривий Ріг, Дніпропетровськ та Маріуполь забруднення повітря є головною екологічною проблемою. Транспортні потоки у великих містах ще більше посилюють проблему забруднення повітря. Не менш гострими екологічними проблемами є несприятливий стан каналізаційного господарства та недостатнє очищення стічних вод.

В більшості міст очисні споруди перевантажені. Приємним виключенням з цього правила є міста Київ та Харків. 50% міських стічних вод до водних об'єктів скидаються недостатньо очищеними, в тому числі 15% потрапляють туди взагалі без очищення. З виробничими стічними водами справи ще гірше – до 70% скидаються у водойми та водотоки без всіякого очищення. Через це води Чорного та Азовського морів забруднені в районі Одеси, Севастополя й Маріуполя. Місто Донецьк забруднює річку Сіверський Донець, Кривий Ріг – р. Інгулець, Запоріжжя, Дніпропетровськ, Дніпродзержинськ та Херсон своїми стоками забруднюють річку Дніпро.

Чим більше кількість населення і вище промисловий потенціал в містах України, тим складніші екологічні проблеми, пов'язані з похованням побутових та виробничих відходів. 40% території підприємств металургії та теплоенергетики зайняті відходами. 8% всієї площі України зайняті звалищами, шлаконакопичувачами, відвалами, хвостосховищами, териконами.

3.1 Екологічні проблеми індустріальних центрів

3.1.1 Київ

До 70% забруднень атмосферного повітря потрапляє від автотранспорту. Промпідприємства міста тяжіють до околиць та розосереджені по території. Вони обладнані ефективно працюючими пилогазоочисними спорудами. Аеропорт “Жуляни”, розташований недалеко від центральної частини міста, несприятливо впливає на стан повітря і є джерелом шумового забруднення.

Проблеми очищення стічних вод та поховання побутових відходів вирішені досить успішно.

На крутих берегах Дніпра за останні 50 років зареєстровано більше 300 оповзнів.

Розташування північної частини міста у 80 км від Чорнобильської АЕС впливає негативно на екологічну обстановку. Радіоактивний фон-18 мкР/год, забрудненість території міста цезієм – 137 1-3 Ки/км². В період паводку радіонукліди потрапляють річкою Прип'яттю до річки Дніпро. Зелені насадження складають більше 50% території міста. За площею зелених насаджень (160 м²/люд) Київ посідає одне з перших місць серед великих міст світу.

3.1.2 Харків

Підприємства зосереджені в кількох промислових зонах і часто розміщуються у безпосередній близькості від житлових кварталів. Санітарно-захисні зони, як правило, відсутні. Пило-газове очищення викидів недостатнє.

Водоспоживання Харкова поступово нарощується до 1955 р. за рахунок використання Сіверського Донця, а з 1985 р. за рахунок міжбасейнового перекиду стоку каналом Дніпро – Донбас.

Всі промислові стічні води очищуються на загальноміських очисних спорудах. У межах міста скидання стічних вод припинено. У Харкові експлуатується єдина на Україні каналізаційна мережа глибокого закладання.

Невирішеною екологічною проблемою є розміщення побутових та виробничих відходів. Існуючі звалища переповнені. Сміттєспалювальний завод, побудований у 80-х роках, нерентабельний, має низьку ефективність утилізації відходів і є серйозним забруднювачем атмосферного повітря. В межах міста більше 4700 га підтоплених територій з позначками ґрунтових вод 2м від поверхні землі.

Мережа зелених насаджень (парки, сквери, набережні та лісопаркова зона) порівняно густа.

3.2 Екологічні проблеми великих портових міст

Одеса разом з портовими містами-супутниками Іллічівськ (на Сухому лимані) та Южне (на Григор'євському лимані) створюють вельми напружену екологічну обстановку для морської екосистеми. Забруднення морського середовища відбувається через скидання у море неочищених та недостатньо очищених стічних вод та поверхневого стоку з території міста та проммайданчиків.

Потенційно небезпечними в екологічному відношенні об'єктами є Одеський припортовий завод (хоча за період експлуатації з 1985 року

аміакопроводу Тольятті-Одеса збоїв не спостерігалось) і Одеський нафтовий термінал.

Промислові підприємства машинобудування, хімії, нафтохімії, переробки риби та сільгосппродукції формують високе техногенне навантаження на атмосферне повітря і утворюють значні об'єми стічних вод. Очисні споруди переважені. Мають місце часті розриви каналізаційної мережі. Для опалення котелень використовується, в основному, вугілля, що у сполученні зі штильовими туманами в осінньо-зимовий період негативно позначається на стані повітряного басейну міста.

Влітку різко зростає кількість автотранспорту та морських суден. На їхню долю припадає близько 75% викидів у повітря.

10 санаторіїв України знаходяться в Одесі. Однак недосконалість міської системи водовідведення періодично приводить до спалахів інфекційних захворювань та закриття пляжів.

Оповзневі явища у прибережній зоні будь-якого приморського міста – серйозна екологічна проблема. В Одесі близько 40 років успішно функціонує протизсувна берегозахисна система більше 20 км довжиною.

Штучні катакомби довжиною 1500 км зумовлюють провали та осідання земної поверхні у межах міста.

Одеса добре озеленена. 17% від загальної площі міста – це зелені насадження парків, скверів, вулиць та одеські приморські схили.

Іншими містами портового типу є Севастополь, Миколаїв, Херсон та Маріуполь.

3.3 Екологічні проблеми міст з переважним розвитком однієї галузі виробництва

Хоча промисловість міст має, як правило, багатофункціональний характер, одна з галузей часто буває переважаючою. В Україні досить багато міст, у яких переважно розвинута гірничодобувна, металургійна, хімічна або енергетична промисловість.

У Кривому Розі (Дніпропетровська область) переважно розвинута гірничодобувна промисловість і на її базі металургійна. Видобуток залізної руди у місті ведеться відкритим та шахтним способом. У місті, розчленованому численними балками, переважають техногенні форми рельєфу: кар'єри, відвали, хвостосховища. По дну та бортам хвостосховища влаштовані протифільтраційні екрани з двох шарів глини з прокладкою між ними надстійкої поліетиленової плівки. У зв'язку з порушенням цілісності екрану через просідання навколо хвостосховища формується зона підтоплення, яка завдає шкоди будівлям, розташованим поблизу.

Високе запилення повітряного середовища міста Кривий Ріг зумовлене викидами цементно-гірничого комбінату та пиленням відвалів і

хвостосховищ, які підсихають. Залізна руда в кар'єрах видобувається з застосуванням підривних робіт, при яких викидається велика кількість пилу та азотних сполук. 8% об'єму викидів у атмосферу України доводиться на Кривий Ріг.

Видобування залізної руди протягом більше як 100 років привело до зневоднення території. Стік річок Саксагань та верхньої течії Інгулець формується кар'єрними та шахтними промстоками, тому мінералізація води Карачунівського водоймища перевищує 1,5 г/л. Для поповнення стоку цих річок використовуються води каналів Дніпро – Інгулець та Дніпро – Кривий Ріг, які беруть початок з водоймищ, відповідно, Кременчуцького та Каховського.

Площа зелених насаджень – близько 15% загальної площі міста – лише незначно поліпшує екологічну обстановку.

Тверді відходи теплових електростанцій, рудозбагачувальних фабрик та комбінату Криворіжсталь значною мірою використовуються цементно-гірничим комбінатом, і тим не менш, накопичення промислових відходів продовжується і досягло 6,5 млрд т.

На порядку денному рекультивация відвалів та хвостосховищ, яка вимагає відносно невеликих витрат.

Схожа екологічна ситуація склалася в містах Горлівка, Макіївка та інших.

У місті Сіверодонецьк (Луганська область) переважає хімічна промисловість (наприклад, виробничі об'єднання “Азот”, “Склопластик”, завод електронного обладнання та ін.). Сіверодонецьк демонструє, що цілком сумісні функціонування гігантських промпідприємств та сприятливий екологічний стан оточуючого середовища.

На очисні споруди ВО “Азот” подаються стічні води інших підприємств міста. Нормативно очищені стічні води скидаються у р. Сіверський Донець. Успішно вирішена проблема пило-газових викидів (“лисячих хвостів”).

Розміри санітарно-захисної зони достатні. Кількість твердих виробничих відходів незначна.

Половину площі міста займають зелені насадження. До міста прилягають потужні масиви хвойних лісів.

Такі міста в Україні, як Сімферополь, Полтава, Хмельницький, Ужгород, Мелітополь можуть бути віднесені до таких, де екологічна ситуація сприятлива.

Найкраща екологічна обстановка спостерігається в містах-курортах. До морських кліматичних курортів звичайно відносять рекреаційний район Велика Ялта, Євпаторія. До бальнеологічних курортів відносяться Трускавець, Миргород та ін.

Контрольні питання для самоперевірки.

1. Чим зумовлені складні екологічні обставини в містах?
2. Основні екологічні проблеми міста Києва.
3. З чим пов'язані екологічні проблеми індустріальних центрів?
4. В чому специфіка екологічних проблем великих портових міст?
5. Чим зумовлені екологічні обставини у містах де переважно розвинути гірничодобувна, металургійна, хімічна або енергетична промисловість?
6. Які екологічні обставини спостерігають в містах-курортах?

ОСНОВНА ЛІТЕРАТУРА

1. Экология города; Учебник, - К.: Либра, 2000 (под редакцией Ф.В.Стольберга). – 464 с.
2. Кучерявий В.П. Урбоекологія, - Львів: Світ, 1999. – 360 с.
3. Соколов Ю.М. Екологія суспільства (теоретичні проблеми урбоекології та ландшафтної екології). Монографія – Одеса. “ТЭС”, 2002 – 157 с.

ДОПОМІЖНА ЛІТЕРАТУРА

4. Экологическая геология Украины; справочное пособие, - К.: Наук. думка, 1993. – 407 с.
5. Розиллер И.Д. Прогноз качества воды водоприемов – приемников сточных вод. – М.: Стройиздат, 1984. – 236 с.
6. Клаусницер Б. Экология городской фауны; Пер. с нем. – М.: Мир, 1990. – 248 с.
7. Справочник. Санитарная очистка и уборка населенных мест. – М.: Стройиздат, 1995. – 250 с.
8. Соколов Ю.Н. Экология Человека. Системный подход. Одесса, 2000. – 102 с.

Соколов Юрій Миколайович
Шаніна Тетяна Петрівна
Кузьміна Вікторія Анатоліївна

ЕКОЛОГІЯ МІСЬКИХ СИСТЕМ

Конспект лекцій

Підп. до друку
Папір

Формат
Умовн. друк. арк.

Тираж

Прим.
Зам. №

Одеський державний екологічний університет

65016, м. Одеса, вул. Львівська, 15
Надруковано з готового оригінал макету

ЛІТЕРАТУРА

1. Хільчевський В. К. Водопостачання і водовідведення – гідроекологічні аспекти. – К.: ВЦ “Київський університет”, 1999. – 319 с.
2. Санитарная техника городов: Учеб. для вузов/Д. А. Ярошевский, Ю. Ф. Мельников, И. Н. Корсакова. – М.: Стройиздат, 1990. – 320 с.
3. Хімко Р.В., Мережко О. І., Бабко Р. В. Малі річки - дослідження, охорона, відновлення. - К: Інститут екології. - 2003.-380 с.
4. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод /А. К. За польський, Н. А. Мішакова-Клименко, І. М. Астрелін і ін. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.