

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

М.В. Захарова

ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ
(ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ)

Конспект лекцій

Одеса
«ОДЕКУ»
2013

ББК 26.22
З 38
УДК 504.4.062.2

Друкується за рішенням Вченої ради Одеського державного екологічного університету (протокол № 5 від 28.02.2013 р.).

Захарова М. В.

Водопостачання та водовідведення (гідроекологічні аспекти):
Конспект лекцій. – Одеса: ОДЕКУ, 2013. – 70 с.

В конспекті лекцій розглядаються технологічні аспекти поліпшення якості природних вод з метою водопостачання, сучасні способи та методи очищення стічних вод, а також питання санітарного нагляду за джерелами водопостачання та ефективності очищення стічних вод різного походження.

Конспект лекцій призначається для студентів, які навчаються на освітньо-кваліфікаційному рівні «магістр» за спеціальністю «Прикладна екологія та збалансоване природокористування», спеціалізація – «Гідроекологія» денної та заочної форм навчання.

ЗМІСТ

	Стор
ПЕРЕДМОВА	4
1 ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ	5
1.1 Історія водопостачання та водовідведення м. Одеса	5
1.2 Системи та схеми водопостачання	9
1.3 Системи та схеми водовідведення	13
2 ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ПРИРОДНИХ ВОД ДЛЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ	16
2.1 Якість води для водопостачання	16
2.2 Основні технологічні процеси очищення природних вод	19
2.3 Прояснення та знебарвлення природних вод. Коагуляція	21
2.4 Фільтрування води	23
2.5 Знезараження води	25
2.6 Спеціальні методи поліпшення якості вод	28
3 ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВОДО-ПОСТАЧАННЯ ТА САНІТАРНИЙ НАГЛЯД ЗА ДЖЕРЕЛАМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ	31
3.1 Розміщення водозаборів і зон санітарної охорони	31
3.2 Санітарна експертиза проектів водопостачання	34
3.3 Санітарний нагляд за джерелами і спорудами водопостачання ..	37
3.4 Дослідження джерел водопостачання та гігієнічна якість води ..	39
4 СТІЧНІ ВОДИ ТА МЕТОДИ ЇХ ОЧИЩЕННЯ	44
4.1 Класифікація та характеристика стічних вод	44
4.2 Загальнономіські очисні споруди	46
4.3 Механічні методи очищення стічних вод	48
4.4 Хімічні методи очищення стічних вод	50
4.5 Фізико-хімічні методи очищення стічних вод	52
4.6 Біологічні методи очищення стічних вод	53
5 ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД І САНІТАРНИЙ НАГЛЯД ЗА ЕФЕКТИВНІСТЮ ОЧИЩЕННЯ	55
5.1 Розміщення очисних споруд	55
5.2 Санітарна експертиза проектів каналізації та основних очисних споруд	57
5.3 Санітарний нагляд за ефективністю роботи очисних споруд	62
5.4 Дослідження стічних вод і гігієнічна оцінка їх якості після очищення	63
ЛІТЕРАТУРА	70

ПЕРЕДМОВА

Конспект лекцій складений відповідно до програми курсу «Водопостачання та водовідведення» (гідроекологічні аспекти), який входить до складу дисциплін з підготовки магістрів за спеціальністю «Прикладна екологія та збалансоване природокористування», спеціалізація – «Гідроекологія» – фаховий шифр 8.04010602.

Загальна мета дисципліни «Водопостачання та водовідведення» (гідроекологічні аспекти) полягає в забезпеченні студентів об'ємом теоретичних знань і практичних навичок, необхідних для ефективного вирішення питань забезпечення потреб промисловості, сільського господарства і населення водою необхідної якості, проблем очищення стічних вод, утилізації їх цінних складових та використання очищених стічних вод для технічного водопостачання, що сприятиме раціональному використанню водних ресурсів.

Загальний обсяг навчального часу визначається робочим навчальним планом та становить 45 годин.

В результаті вивчення дисципліни «Водопостачання та водовідведення» (гідроекологічні аспекти) студенти повинні знати основні технології водопідготовки, заходи щодо поліпшення якості вод для потреб кінцевого водокористувача, склад загальноміських очисних споруд, методи очищення стічних вод та ефективність їх застосування.

Після вивчення дисципліни студенти повинні вміти розраховувати витрати води для різних категорій водоспоживачів, проектувати магістральні водопровідні мережі, виконувати розрахунок основних параметрів для побудови вертикальних відстійників з метою механічного очищення стічних вод.

Вивчення дисципліни «Водопостачання та водовідведення» (гідроекологічні аспекти) ґрунтується на знаннях, одержаних студентами при вивченні таких дисциплін навчального плану освітньо-кваліфікаційного рівня магістр як «Математичне моделювання гідроекологічних систем», «Гідроекологічна експертиза водогосподарського комплексу», «Раціональне використання і охорона водних ресурсів» та ін., знання одержані в результаті вивчення цієї дисципліни будуть використовуватися у вивченні інших дисциплін, що передбачені навчальним планом – «Гідроекологія водойм України», у курсовому проектуванні, при написанні кваліфікаційної магістерської роботи та ін.

1 ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

1.1 Історія водопостачання та водовідведення м. Одеса

Історія водопостачання. В 1794 році, гострою проблемою, яка заважала розвитку інфраструктури міста, була відсутність надійного та якісного джерела водопостачання.

Риття колодязів в Одесі почалося одночасно з будівництвом порту. Головною «водопостачальною» вулицею міста тоді була не Водопровідна, а Балківська. У 1797 році там було вирито близько двадцяти колодязів – ґрунтові води залягали у Водяній Балці на порівняно невеликій глибині. Незабаром недалеко від моря були відшукані джерела прісної води.

В 20-ті роки 19-го століття одесити створили свої оригінальні конструкції для збору дощової води – так звані «цистерни». Вода з цистерн вважалася кращою за колодязну. У 40-х роках 19-го століття в Одесі функціонували вже 152 цистерни. Місткість деяких з них доходила до 500 м³. Поступово збільшувалася і кількість колодязів – в 1861 році їх було вже більше напівтисячі. Глибина колодязів коливалася від 6 до 40 м. Вода з колодязів розвозилася споживачам в бочках.

В середині 19-го століття в Одесі оселився таганрозький купець Тимофій Ковалевський, який узяв на себе місію будівництва першого одеського водопроводу: від джерела Великий Фонтан до центру міста. Це будівництво тривало три роки. 15 лютого 1853 року водопровід Ковалевського було введено в експлуатацію. Він складався з водозабірної галереї, яка «захоплювала» воду з джерела, насосної станції з паровими машинами і поршневыми насосами, цегляної водонапірної колони і чавунного трубопроводу завдовжки 12 кілометрів, по якому вода надходила в металевий бак. З часом об'єм «фонтанської» води почав зменшуватися і до 1873-го року перший одеський водопровід остаточно припинив своє існування.

Цим же роком датується відкриття водоводу «Дністер-Одеса», який і по сьогодні забезпечує місто чистою питною водою. В 1873 році було запущено водопровід з водоочисними спорудами в селі Біляївка продуктивністю 20 тис. м³/д. В 60-ті роки XIX століття інженерами Домінікон і Головачовим було розроблено технічний проект водоводу «Дністер-Одеса», який в 1870 році був схвалений спеціальною комісією. Цей проект здійснила московська фірма «Швабер та Моор». Дослідженнями було з'ясовано, що для водопроводу з Дністра найбільш підходило селище Маяки, яке розташовується в 30 верстах від Одеси.

Дністровський водопровід складався з комплексу споруд на Дністрі, водоводу Дністер-Одеса, резервуарів, насосної станції «Чума» і міської

водопровідної мережі. Спорудження міської водопровідної мережі тривало і після пуску Дністровського водопроводу. Всього було прокладено 257 км вуличної мережі з чавунних труб на свинцевих стиках.

Водопровід дав потужний поштовх зростанню і розвитку міста. Тому в 1890 році в чотирьох кілометрах від насосної станції «Дністер» на найбільш високій точці території була побудована додаткова насосна станція, якій дали назву «Гірська». Вона складалася з водонапірної колони заввишки 31 м, що підсилювало пропускну спроможність водопроводу і машинного відділення. На самій станції «Дністер» також була проведена реконструкція – замінювалися котли, удосконалювалися машини, створювався ще один «повільний фільтр». Для поліпшення якості води, для підвищення ефективності роботи фільтрів замість старого способу промивання був введений новий більш ефективний.

У 1901 році на водопровідній станції «Дністер» була організована лабораторія по систематичному дослідженню води, що надходить з річки і подається в місто. У цей період єдиним критерієм якості води була кількість бактерій, що перебуває в ній.

На початок першої світової війни населення Одеси досягло 630 тис. чол., а середньодобовий об'єм води, що надходив, становив 53 тис. м³, що було абсолютно недостатньо. Назріла необхідність капітального ремонту водопроводу, спорудження третього водоводу від станції «Дністер» до міста, проте, війна і революція перешкодили здійсненню цих планів. Однак у другій половині 1922-го року водопровід працював вже без перебоїв. Паралельно налагоджувалося і виробництво водомірів, і з 1-го жовтня 1924-го року одеський водопровід перейшов на стягування плати за воду за свідченнями водомірів. Основні відновлювальні роботи вдалося завершити до 1926-го року. За кількістю будинків, приєднаних до водопровідної мережі (96%), Одеса була провідним містом колишнього СРСР. Протяжність вуличної водопровідної мережі у той час становила 490 км.

Наприкінці 30-х потреба Одеси у воді стала швидко наближатися до граничної потужності водопроводу. До цього часу вже були прокладені нові водопровідні лінії в Лузановку і Люстдорф. Особливо напруженим ставало водопостачання в літні місяці. Для поліпшення водопостачання міста було почато будівництво третього водоводу Дністер-Одеса, протяжністю 41 км. Розширення і реконструкція водопроводу дозволили до червня 1941-го року довести подавання води в місто до 120 тис. м³/д.

В умовах Вітчизняної війни подавання води в місто не припинялося. Однак 11 серпня станція Дністер була зупинена, а її персонал виїхав до Одеси, але споруди станції не були підірвані. До цього моменту в місті вже було просвердлено близько 80-ти свердловин. Були приведені в робочий стан і обладнані насосами шахтні колодязі на підприємствах, очищені старі цистерни в дворах. Альтернативне водопостачання насилу забезпечувало

місто. Після окупації Одеси станція «Дністер» працювала нерегулярно. Інколи вона зовсім зупинялася. Водопровідна вода знову прийшла в Одесу лише у вересні 1944-го року.

Післявоєнна Одеса розросталася, з'являлися нові житлові масиви. У них прокладалися кілометри водопровідних труб, змінилася і процедура очищення води. В 70-ті було споруджено нову систему очищення води, так звані «швидкі фільтри». І станція «Дністер» перейшла на принципово нову схему водопідготовки. Вода з річки, проходячи через рибозахисні споруди, потрапляє в канал-відстійник. Його довжина перевищує декілька сотень метрів, вода проходить по ньому близько 10 годин, і за цей час на дно осідають різноманітні суспензії. Це перший, попередній, етап очищення води через «повільні фільтри». Потім вода надходить на «швидкі фільтри», де проходить повний комплекс очищення – відстоюється, обробляється реагентами-коагулянтами, потім проходить крізь фільтри і знезаражується сполуками хлору. Така система водопідготовки діє на Одеському водопроводі і до сьогодні.

Рішенням Одеської міської ради від 17.12.2003 р. за № 2038-XXIV цілісний майновий комплекс КП «Одесводоканал» було передано в оренду на 49 років Товариству з обмеженою відповідальністю «Інфокс». З першого січня 2004 року і станом на сьогодні надання послуг водокористування в Одеському регіоні здійснює «Інфоксводоканал». «Інфоксводоканал» складається з 10 структурних підрозділів, на яких працює понад 3000 осіб, обслуговує водопровідні мережі протяжністю 1657,7 км та каналізаційні мережі довжиною 680,2 км.

Стічні води міста обробляються на двох станціях біологічного очищення («Північна» та «Південна»). Сьогодні підприємство постачає воду до Одеси і населені пункти, розташовані в радіусі 50 км від обласного центру. Компанія володіє 7 водоводами, перший з яких був прокладений в 1873 р., а будівництво останнього зупинилося у 1989-му, і відновилося в 2004 р. з приходом приватного інвестора. З 2004-го року вода споживачам подається цілодобово. Основним джерелом водопостачання є річка Дністер. Водозабір та очищення води відбувається на ВОС «Дністер», розташованій в м. Біляївка в 40 км від Одеси. Корисна продуктивність водоочисної станції «Дністер» становить 920 тис. м³/д, фактичне подавання води – 480-550 тис. м³/д. Річка Дністер є єдиним джерелом водопостачання для Південного регіону Одеської області, до якого входять такі міста, як Іллічівськ, Білгород-Дністровський, Біляївка, Овідіополь, Теплодар, Южний.

Історія водовідведення. У м. Одеса відведення стічних вод комунального господарства і поверхневих стічних вод з міської території здійснюється комбінованим способом за децентралізованою схемою. Місто поділене на 3 басейни водовідведення: Північний, Південний і житловий район Котовського. Водовідведення у кожному з цих районів

здійснюється відокремлено і різними способами. У Північному районі відведення побутових, виробничих і поверхневих стічних вод здійснюється загальносплавним способом, у Південному районі – повним роздільним, у житловому районі Котовського – неповним роздільним.

Децентралізована схема водовідведення м. Одеса також включає 2-і самостійні станції біологічного очищення (СБО) «Північна» і «Південна». На СБО «Північна» очищенню піддаються побутово-виробничі стічні води Північного району і житлового району Котовського та більша частина поверхневих стічних вод Північного району. На СБО «Південна» очищення проходять побутово-виробничі стічні води Південного району.

Напружена екологічна ситуація, що склалася у прибережних водах Чорного моря м. Одеса, зумовлена недосконалим відведенням стічних вод комунального господарства і поверхневих стічних вод з міської території. Відведення поверхневих стічних вод у м. Одеса здійснюється як закритими водостоками (трубопроводи, колектори) у Північному і Південному районах, так і відкритими (канали, лотоки, канави) у житловому районі Котовського.

За матеріалами «УкркомунНДІпроекту», об'єм стічних вод комунального господарства, що в аварійних ситуаціях потрапляє на денну поверхню та без очищення надходить у водні об'єкти, становить близько 2%. Річний об'єм стічних вод комунального господарства по м. Одеса становить близько 170 млн м³, тобто впродовж року аварійними побутово-виробничими стічними водами стають 3,4 млн м³/рік, або 9315 м³/д. Надходження побутових стічних вод у водні об'єкти відбувається через те, що робота мереж відведення побутових стічних вод в аварійних ситуаціях не підстраховується. Через надходження в аварійних ситуаціях побутових стічних вод у водні об'єкти останні стають небезпечними в екологічному та санітарно-епідеміологічному відношенні. Це має місце при відведенні у водні об'єкти поверхневих стічних вод мережею труб і каналів та при надходженні поверхневих стічних вод у водні об'єкти по рельєфу.

Однією з визначальних умов екологічно безпечного водовідведення у населеному пункті стосовно поверхневих водних об'єктів є забезпечення постійної роботи очисних біологічних комплексів у відповідності до проектних показників. Очисні біокомплекси працюють надійно і стабільно, якщо не порушуються проектні умови щодо складу стічних вод, які надходять на очищення. Існуючі на СБО «Північна» і СБО «Південна» схеми прийняття на очищення стічних вод не можуть відвертати надходження на аеротенки виробничих стічних вод, забруднених понад вимоги біологічного способу очищення. Для таких аварійних ситуацій заходів на станціях біологічного очищення не передбачено. Через порушення режимів роботи аеротенків від СБО «Північна» і СБО «Південна» у Чорне море скидаються недостатньо очищені стічні води. Відновлення роботи біологічних ланок станцій біологічного очищення

може тривати декілька місяців. Таким чином, усі способи водовідведення, які набули поширення у м. Одеса, є екологічно небезпечними стосовно поверхневих водних об'єктів. Від усіх районів міста існуючими мережами відведення стічних вод неможливо відвернути надходження у море неочищених стічних вод як у штатних умовах, так і в аварійних ситуаціях.

Для впровадження екологічно безпечного відведення стічних вод комунального господарства і поверхневих стічних вод з міської території було розроблено рішення щодо удосконалення процесів комбінованого водовідведення у м. Одеса у напрямі перетворення його в екологічно безпечну систему водовідведення стосовно водних об'єктів. Перебудову існуючих елементів водовідведення в місті передбачено у відповідності до принципів організації водовідведення у населених пунктах країн ЄС.

1.2 Системи та схеми водопостачання

Системи водопостачання. *Система водопостачання* – це комплекс взаємопов'язаних споруд, призначених для забору води з джерел, очищення її та зберігання запасів і транспортування до місця споживання. Існуючі системи водопостачання можуть бути класифіковані наступним чином: 1) за типом об'єктів обслуговування; 2) за призначенням – господарська, промислова, протипожежна, об'єднана; 3) за характером використання природних джерел – водопроводи, які одержують воду з поверхневих джерел, і водопроводи, які використовують підземну воду; 4) за способами подавання води – водопроводи самопливні (гравітаційні) і з механічним подаванням води; 5) за територіальною ознакою – локальні і групові (або районні) водопроводи, що обслуговують кілька об'єктів; 6) за кратністю використання води – прямотечійні системи, з обігом води та з послідовним використанням її на різних установках.

Для забору води з поверхневих джерел застосовуються *русліві* або *берегові* водозбірні споруди, які відрізняються розташуванням місць прийому води відносно берега.

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

Схема водопостачання міста з підземних джерел. З метою організації водопостачання підземних джерел використовуються шахтні й трубчасті колодязі і свердловини. За такою схемою подається вода з

джерел 1- та 2-го класів. У разі подавання води з джерела 2-го класу вона обов'язково знезаражується. Забір підземних вод здійснюється за допомогою вертикальних (шахтних колодязів або свердловин) і горизонтальних (траншейних або галерейних) споруд, променевих водозаборів та каптажів виходів підземних вод. Вибір типу споруд для забору підземних вод залежить від геологічних і гідрогеологічних умов району, масштабу водоспоживання та техніко-економічних розрахунків.

Після закінчення буріння та облаштування свердловини виконується будівельне відкачування води. Тривалість відкачування залежить від місцевих гідрогеологічних умов і коливається від кількох діб до одного місяця й більше.

Водопровідні мережі. *Водопровідна мережа*, яка є сукупністю водопровідних ліній (трубопроводів) для подавання води до місць користування, є основним елементом системи водопостачання. До ліній водопровідної мережі приєднуються так звані домові відгалуження (труби), по яких вода подається в окремі споруди. В середині будинків влаштовуються *внутрішні водопровідні мережі*, які підводять воду до водорозбірних кранів. На відміну від них основна водопровідна мережа, яка прокладається поза межами споруд, називається *зовнішньою*. Вона – основна частина водопроводу. *Зовнішня водопровідна мережа* – це комплекс споруд, до складу якої входять: насосні станції другого підйому, підкачування і регулювання; водогони і водопровідні мережі на території об'єкта; регулюючі та запасні місткості.

Щоб транспортувати і розподіляти воду між споживачами, використовуються напірні й безнапірні водогони, відкриті канали і водопровідні мережі. Залежно від розташування в системі водогони класифікуються як *водогони першого підйому* – для транспортування води від водозабору до очисних споруд, *водогони другого підйому* – для подавання води від резервуарів чистої води до мережі та водогонів, які сполучають водопровідну мережу з напірно-регулювальними місткостями.

За способами передавання води водогони поділяються на нагнітальні та самопливні (гравітаційні). У *нагнітальних водогонах* опір під час руху води долається за рахунок напору, який створює насос. У *самопливних водогонах* вода рухається внаслідок різниці геодезичних позначок поверхні землі.

Водопровідна мережа, на відміну від водогонів, призначена не лише для транспортування, а й для розподілу води між споживачами. Її основним призначенням є постачання споживачеві води необхідної якості, кількості та напору, надійна робота системи водопостачання за найменших витрат на будівництво та експлуатацію як власне мережі, так і насосних станцій на напірно-регулювальних місткостях.

Для подавання води в окремі багатоповерхові споруди додатково влаштовуються місцеві насосні станції. Водопровідні мережі мають

забезпечувати надійне і безперебійне постачання водою користувачів. Відповідно до плану водопровідні мережі бувають **тупикові** (розгалужені), **кільцеві** і **комбіновані**. Тупикова мережа коротша за кільцеву, але вона не гарантує безперебійного подавання води споживачам, оскільки у разі аварії на одній ділянці магістралі всі подальші ділянки з відгалуженнями не будуть забезпечуватися водою. Кільцева й комбінована мережі надійніші в експлуатації, оскільки у разі аварії на одній із ліній споживачі будуть забезпечуватися водою з іншої лінії. Водопровідні мережі, як правило, проектуються кільцевими.

Залежно від характеру роботи лінії водопровідної мережі поділяються на **магістральні** й **розподільні**. Функція магістральних ліній – транспортування води транзитом до більш віддалених районів території, які забезпечуються водою. Подавання і розподіл води споживачем здійснюються розподільними лініями.

За ступенем гарантованої надійності подавання води водопроводи поділяються на три категорії:

– **водопровід першої категорії** – допускається зменшення подавання води на господарсько-питні потреби до 30% розрахункових витрат, на виробничі потреби – до рівня, що визначається аварійним графіком роботи підприємств; тривалість такого зменшення подавання води допускається до 3 діб. Зменшення подавання води нижче зазначеної межі або взагалі перерва в її постачанні допускається на період до 10 хв, які потрібні для відключення пошкоджених і підключення резервних елементів системи;

– **водопровід другої категорії** – допускається зменшення подавання води таке саме, як і для першої категорії, але період зменшення водопостачання може тривати до 10 діб. Перерва або зниження в подаванні води нижче зазначеного рівня допускається до 6 год;

– **водопровід третьої категорії** – зменшення водопостачання допускається так само, як і для першої категорії, але тривалістю до 15 діб. Зменшення подавання води нижче зазначеної межі або перерва допускається на період проведення ремонту (граничний термін – 1 доба).

Об'єднані господарсько-питні та виробничі водопроводи населених пунктів із кількістю мешканців понад 50 тис. чоловік належать до першої категорії, від 5 до 50 тис. чоловік – до другої, менше 5 тис. чоловік – до третьої категорії.

Для регулювання тиску і витрати води у водопровідній мережі, створення її запасу і вирівнювання графіка роботи насосних станцій будуються **водонапірні вежі** і **резервуари**.

Універсальний спосіб забезпечення необхідної надійності систем водопостачання – їх резервування за рахунок використання в системі надлишкових елементів. Надійність роботи водопровідної мережі забезпечується також її кільцюванням. Це дає змогу перерозподілити

подавання води у разі вимикання окремих ліній на випадок ремонту.

Системи водопостачання міст. Система водопостачання міста має забезпечувати населення і його господарства необхідною кількістю води певної якості. Головна вимога до її роботи – виконання заданих функцій за умови високої надійності та економічності.

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

На території міста є водопровідні мережі різного призначення: господарсько-питні, протипожежні, поливальні, промислові. Як правило, вони поєднуються в одну систему, хоча можливе і їх розділення. Об'єднані або роздільні водопровідні мережі обираються на підставі техніко-економічного аналізу залежно від потреб міста, наявності водних джерел, якості води в них, кліматичних умов та інших чинників. Кількість ліній водоводів приймається з урахуванням категорії надійності подавання води системою водопостачання і черговості будівництва.

Системи водопостачання промислових підприємств. Промислові підприємства витрачають велику кількість води, а деякі підприємства вимагають навіть безперервного подавання води. Із збільшенням потужності підприємств, використанням складних технологічних процесів потреби у воді збільшуються. Витрати води, які споживає промисловість, у десятки разів перевищують кількість води, що споживає населення.

На підприємствах залежно від прийнятих технологій, виготовлюваної продукції, потужності, займаних площ може існувати декілька систем водопостачання. В цілому системи водопостачання промислових підприємств можна поділити на: господарсько-питні; протипожежні; виробничі.

Системи водопостачання промислових підприємств класифікуються за способами використання води: прямотечійні, оборотні та з послідовним використанням.

Прямотечійні системи є найпростішими. Вода за допомогою насосної станції забирається з водного об'єкта і подається до об'єктів виробництва. Після цього каналізаційними шляхами вона надходить на очисні споруди. Після очищення відпрацьовані води можуть скидатися назад у водотік або водойму на певній відстані від водозабору. Такі системи водопостачання зазвичай бувають у достатньо забезпечених водою районах. Ця схема поширена донині. Вона досить проста і дешева,

але не надійна в гідроекологічному відношенні, оскільки скидна вода забруднює водойми.

Системи водопостачання з *послідовним використанням* води, передбачають повторне її використання на цьому самому підприємстві. Після завершення технологічного процесу в одному цеху відпрацьована вода надходить до іншого, де також забезпечує випуск промислової продукції. При цьому якість води після забруднення першим виробничим процесом має задовольняти потребам другого виробничого процесу. Інколи вода використовується багаторазово, після чого у забрудненому стані надходить на очисні споруди. Ця схема більш прогресивна, ніж перша, оскільки дозволяє зекономити приблизно у два рази кількість свіжої води, яка забирається підприємствами з водних об'єктів. Однак і ця система не скорочує кількість забруднювальних речовин, що скидаються у водні об'єкти.

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

1.3 Системи та схеми водовідведення

Схеми водовідведення. План об'єкта, що каналізується, з нанесеними на ньому елементами системи каналізації, називається *схемою каналізації (водовідведення)*. Схеми водовідведення складаються на основі генеральних планів міст в масштабі 1:5000-1:10000 з горизонталями через 1-2 м. Для промислових підприємств схеми розробляються на основі генеральних планів цих підприємств в масштабі 1:1000-1:5000 з горизонталями через 0,5-1 м.

Схема каналізації населеного пункту складається з таких основних елементів: *внутрішнього каналізаційного обладнання* будівель та споруд, *дворової та вуличної каналізаційної мережі, колекторів, каналізаційних насосних станцій* і напірних трубопроводів, *очисних споруд та випусків очищених стічних вод* у водойми.

Важливим етапом складання схеми каналізування є трасування вуличних трубопроводів. Місце їх розташування визначається

необхідністю прийому і відведення води від кожного кварталу забудови. Трасування вуличних трубопроводів залежить від рельєфу місцевості.

Залежно від цього схема мереж систем водовідведення може бути:

- 1) **Перпендикулярна** – колектори басейнів водовідведення трасуються перпендикулярно до напрямку течії води у водоймі. Застосовується така схема при ухилі поверхні землі до водойми і відведенні стічних вод, що не потребують очищення.
- 2) **Пересічена** – колектори басейнів водовідведення трасуються перпендикулярно до напрямку течії води у водоймі і перехоплюються головним колектором, що трасується паралельно річці. Така схема застосовується при плавному падінні рельєфу місцевості до водойми і необхідності очищення стічних вод.
- 3) **Паралельна** – застосовується при різкому падінні рельєфу місцевості до водойми. Ця схема дозволяє виключити в колекторах басейнів водовідведення підвищені швидкості руху води.
- 4) **Зонна** – обслуговувана територія розбивається на дві зони: з верхньої стічні води відводяться самопливно до очисних споруд, а з нижньої зони перекачуються насосною станцією. Застосовується при невеликому падінні рельєфу місцевості до водойми.
- 5) **Радіальна** – застосовується при складному рельєфі місцевості і у великих містах. Очищення стічних вод здійснюється на 2-х і більшій кількості очисних споруд.

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

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

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

Повна роздільна система водовідведення має два або більше колекторів, призначених для окремого відведення стічних вод певної категорії. Такі системи водовідведення застосовуються, якщо неможливо виконати сумісне очищення виробничих побутових стічних вод. Недоцільність змішування цих вод виникає тоді, коли виробничі стічні води містять велику кількість механічних домішок мінерального походження та інші органічні речовини (нафту, мастила тощо). Їх наявність ускладнює технологію очищення, обробку та утилізацію осаду, який одержується після очищення. Тому виробничі стічні води

очищаються на локальних системах водоочищення, де використовуються хімічні або фізико-хімічні способи очищення. Якщо територія підприємства не забруднена токсичними речовинами, зливові води можна скидати безпосередньо у водойму або після їх відстоювання в контрольному басейні використовувати для підживлення системи оборотного водопостачання.

Двомержна неповна роздільна система водовідведення використовується для очищення побутових і виробничих стічних вод, якщо мінералізація та склад органічних забруднювальних речовин дають змогу здійснювати їх сумісне очищення (наприклад, на підприємствах харчової промисловості, де виробничі стоки за своїм складом близькі до побутових). Якщо на підприємстві утворюються умовно чисті виробничі води (з підвищеними вмістом завислих речовин і температурою), то вони відводяться зливовою каналізацією або використовуються у системі оборотного водопостачання після охолодження і відстоювання.

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

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

Комбінована система водовідведення є сукупністю загальносплавної з повною роздільною системою. Така система формується з розвитком і реконструкцією каналізаційної мережі міста. В старій частині міста функціонує, наприклад, загальносплавна система водовідведення, а в районах новобудов створюється повна роздільна система.

Питання для самоперевірки

1. Опишіть основні етапи розвитку систем водопостачання та водовідведення м. Одеса.
2. Що називається системою водопостачання та водовідведення?
3. Що називається водопровідною мережею? Види водопровідних мереж.
4. Схеми комунального і промислового водопостачання.
5. Схеми та системи водовідведення.

2 ПОЛПШЕННЯ ЯКОСТІ ПРИРОДНИХ ВОД ДЛЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ

2.1 Якість води для водопостачання

Ступінь придатності води для тих або інших цілей характеризується поняттям «якість води». **Якість води** – це поєднання хімічного і біологічного складу та фізичних властивостей води, яке зумовлює її придатність для певних видів водокористування. Встановлені значення показників якості води (фізичні, хімічні та біологічні) називаються нормами якості води і відповідають певним стандартам.

До фізичних показників якості води належать температура, прозорість або мутність, кольоровість, 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°C.

Прозорість і мутність води. Природні води, особливо поверхневі, рідко бувають прозорими через наявність у них завислих речовин, глини, піску, мулу, органічних решток. Усувається мутність шляхом відстоювання і фільтрування води.

Кольоровість води. 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. Кольоровість води зумовлена наявністю в ній гумусових речовин, розвитком водоростей («цвітіння» водойм), колоїдними сполуками заліза, а також забарвленими стічними водами. Оскільки причини, які зумовлюють кольоровість води, є різноманітними, ефективність усунення кольоровості значною мірою залежить від встановлення її природи.

Смак і запах води. Природна вода може мати смак і запах. Схематично виділяються чотири смаки води: солоний, гіркий, солодкий і кислий. Гіркий смак надає воді $MgSO_4$, солоний – $NaCl$. Кислий смак мають мінеральні води через великий вміст розчиненої вуглекислоти.

Запахи води 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 виділяються: ароматичний, болотний, гнильний, деревний, землястий, пліснявий, рибний, трав'янистий, непевний. До цієї самої групи належить і сірководневий запах, який спричинений наявністю у воді розчиненого сірководню. Запахи штучного походження, зумовлені домішками деяких промислових стічних вод, називаються за продукуючими їх речовинами:

фенольний, хлорфенольний, нафтовий, смолистий.

До хімічних показників якості води належать активна реакція (рН), окислюваність, наявність азотних сполук, розчинені гази, сухий залишок, твердість, лужність, хлориди, сульфати, залізо, марганець та інші компоненти (специфічні забруднювальні речовини, радіоактивні елементи, важкі метали).

Активна реакція води визначає ступінь кислотності або 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.

Окислюваність води. Серед компонентів природних вод важливу роль відіграють органічні речовини. Через велику кількість визначити їх індивідуально досить важко. Тому, як правило, виконується сумарна оцінка їх вмісту у воді шляхом визначення окислюваності. Величина окислюваності визначається витратою окисника або еквівалентної кількості кисню на окислення органічних речовин в 1 дм³ води. Найменшою окислюваністю (до 2 мгО₂/дм³) характеризуються артезіанські води. Окислюваність річкової води й води водосховищ коливається в межах 2-8 мгО₂/дм³. Підвищена окислюваність води може свідчити про забруднення джерела промисловими стічними водами, що вимагає проведення заходів санітарної охорони.

Азотні сполуки. Азотні сполуки (іони амонію, нітритні й нітратні іони) утворюються у воді головним чином у результаті розкладання сечовини і білкових сполук, які потрапляють до неї із стічними господарсько-побутовими водами, а також водами содових, коксохімічних, азотно-тукових та інших заводів.

Білкові речовини 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 або інших сполук, які містять азот, можна судити про час забруднення води. Підвищений вміст амонійного і нітритного азоту вказує на свіже забруднення води азотними сполуками, відсутність амонійного і нітритного азоту, але наявність нітратного – про давність забруднення.

Сухий залишок. Кількість солей, які містяться в природних водах, може бути охарактеризована величиною сухого залишку. Сухий залишок, який утворюється при випаровуванні певного об'єму води, спочатку профільтрованої кризь паперовий фільтр, складається з мінеральних солей і нелетких органічних сполук. Органічна частина сухого залишку води визначається за величиною втрат при прокалюванні. За величиною сухого залишку природні води поділяються на сім груп (мг/дм³): 1) ультрапрісні (< 100); 2) прісні (100-1000); 3) слабо солоні (1000-3000); 4) солоні (3000-

10000); 5) сильносолоні (10000-50000); 6) розсоли (50000-300000); 7) ультра розсоли (> 300000).

Хлориди. Через велику розчинність хлористих солей (NaCl – 360 г/дм^3 , MgCl_2 – 545 г/дм^3) іони хлору присутні майже в усіх водах. Велика кількість хлоридів у воді може бути зумовлена вимиванням натрієвої солі або інших хлористих сполук з найближчих ґрунтових шарів, а також скиданням у воду промислових і господарсько-побутових стічних вод. У проточних водоймах кількість хлоридів є невеликою – $20\text{-}30 \text{ мг/дм}^3$. Хлориди, які присутні у воді у великій кількості, при контакті з бетоном руйнують його в результаті вилуговування з вапна розчиненого хлориду кальцію і гідроксиду магнію.

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

Лужність води. Під загальною лужністю води розуміється сума гідратів і солей слабких кислот (вугільної, фосфорної, кремнієвої, гумінової тощо). Відповідно до цього виділяється лужність бікарбонатна, карбонатна, гумінова, гідратна.

Жорсткість води зумовлюється наявністю в ній іонів кальцію і магнію. Наявність у воді великих кількостей солей, які зумовлюють твердість, робить її не придатною для господарсько-побутових потреб і багатьох технологічних процесів. При використанні твердої води погано розварюються овочі та м'ясо, псується вигляд, смак і якість чаю, перевитрачається мило під час прання. Крім того, тканини стають менш еластичними, збільшується крихкість волокна. Використання твердої води для живлення парових котлів призводить до різкого погіршення їх роботи і до аварій, м'яка вода потрібна для цілої низки інших виробництв (при виготовленні штучного волокна, пластмас, кіноплівки, паперу).

Залізо і марганець за своїм вмістом у воді не перевищують десятих часток міліграма на літр. Хоча навіть у більших кількостях вони не є шкідливими для здоров'я, але своєю присутністю роблять воду не придатною для пиття, промислових і господарських потреб, оскільки за концентрацій заліза вище 1 мг/дм^3 вода набуває неприємного чорнильного або залізного присмаку. У результаті окислення бікарбонату двовалентного заліза киснем повітря утворюється гідроксид заліза, який збільшує мутність води і підвищує кольоровість. Наявність у воді заліза і марганцю сприяє розвитку в трубопроводах залізистих і марганцевих бактерій, продукти життєдіяльності яких можуть забивати водопровідні труби.

Розчинені гази. З розчинених у воді газів найбільш важливими для оцінки її якості є вуглекислота, кисень, сірководень, азот і метан. Вуглекислота, кисень і сірководень за певних умов надають воді корозійних властивостей стосовно до бетону і металів.

Токсичні речовини потрапляють у воду в основному з промисловими стічними водами. До цієї групи можна віднести свинець, цинк, мідь, арсен, анілін, ціаніди та багато інших. Не зважаючи на незначну концентрацію їх у воді (мкг/дм³), вони можуть завдавати значної шкоди здоров'ю людини.

Радіоактивні елементи, які потрапляють у поверхневі й підземні води, можуть мати природне і штучне походження. Основними ізотопами, які зумовлюють природну радіоактивність вод, є уран-239, торій-232 та продукти їхнього розкладання (аргон, радій), а також калій-40. Штучну радіоактивність, зокрема, після аварії на ЧАЕС у 1986 р., зумовлюють такі ізотопи, як стронцій-90 і цезій-137.

Норми якості, яким повинна відповідати питна вода, встановлені Державними санітарними нормами та правилами «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10). Якщо вода не відповідає вимогам, її обробляють і доводять до норми, яку встановлено. Основні вимоги до якості питної води передбачають визначення близько 40 показників.

2.2 Основні технологічні процеси очищення природних вод

Необхідність обробки води виникає тоді, коли якість води природних джерел не задовольняє необхідним вимогам. Така невідповідність може бути **тимчасовою (сезонною)** або **постійною**. Характер і ступінь невідповідності якості води джерела вимогам користувача зумовлює вибір методів обробки води. Якщо при цьому може бути використано різні методи очищення, то вибір їх виконується на основі техніко-економічних розрахунків.

Розрізняються поняття: більш широке – водоочищення і більш вузьке – водопідготовка. **Водоочищення** – це комплекс технологічних процесів, які спрямовані на доведення якості води, що надходить у водопровід з джерела водопостачання, до встановлених показників. **Водопідготовка** – це обробка води, яка надходить з природного джерела постачання для живлення парових котлів та інших технологічних цілей. Водопідготовка виконується на ТЕС, транспорті, у комунальному господарстві, на промислових підприємствах.

Хімічні, фізичні та фізико-хімічні процеси, які використовуються для підготовки води, можна поділити на дві групи. **До першої** – належать процеси, пов'язані з коригуванням її фізичних і хімічних властивостей. **Друга група** об'єднує процеси, які забезпечують знезараження води, тобто

звільнення від шкідливих бактерій та мікроорганізмів.

Коригування властивостей води. Найважливішими, як за поширенням, так і за питомою вагою, є процеси прояснення та усунення кольоровості. *Для прояснення і усунення кольоровості* використовуються безреагентні та реагентні методи.

Прояснення і часткове усунення кольоровості води *без використання реагентів* відбувається при тривалому її відстоюванні, яке може здійснюватися у відкритих, спеціально споруджених басейнах-відстійниках або водосховищах. Термін прояснення води (і то неповного) має становити не менше 12 діб, для часткового усунення кольоровості – 12 і більше місяців. Зрозуміло, що такий метод використовується рідко. До безреагентних методів належить *повільне фільтрування*. Характерна особливість – дуже малі швидкості фільтрування (0,1-0,2 м/год) і використання фільтруючого матеріалу (зазвичай кварцового річкового піску) з дрібними фракціями (0,25-0,35 мм), який затримує завислі речовини.

Реагентний метод ґрунтується на використанні спеціальних хімічних речовин коагулянтів і називається коагулюванням. У результаті цього процесу у воді утворюються пластівці, які включають завислі та колоїдні частки, що надають воді мутності та кольоровості. Потім щ пластівці осідають та забезпечують прояснення і усунення кольоровості. Найчастіше за все в якості коагулянтів використовуються сульфат алюмінію $\text{Al}(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, хлорид заліза $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, сульфат заліза (II) $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Після осадження основної маси завислих частинок вода зазвичай фільтрується – пропускається крізь шар зернистою 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*.

Крім прояснення, до першої групи (коригування властивостей) належать процеси, які дозволяють усунути з води небажані присмаки і запахи, агресивні гази, залізо, марганець, кремнієву кислоту тощо.

Знезараження води є обов'язковим за санітарної ненадійності джерела, що використовується для господарських цілей. Як правило, перед знезараженням виконується прояснення й знебарвлення води, в результаті чого вода звільняється від завислих частинок, які утруднюють проведення знезараження, і від частини бактерій (при фільтруванні затримується 98-99% усіх бактерій). Але знезараження можна розглядати як самостійний і часто єдиний процес обробки води. У такому вигляді він використовується на водопроводах, джерелом яких є підземні води. Знезараження води може здійснюватися двома способами – за допомогою спеціальних реагентів і без них.

Реагентними методами називаються такі, за яких для знезараження

води використовуються хімічні речовини, що спричиняють загибель мікроорганізмів. Такими речовинами є багато окисників (хлор, озон), а також солі деяких важких металів (в основному срібла і міді). Солі міді через свою отруйність для організму людини використовуються лише при обробці води, яка йде для технічних потреб (боротьба з наростами на поверхнях труб), а також як засіб боротьби з цвітінням води у відкритих водоймах. У водопровідній практиці хлорування є найбільш поширеним методом знезараження води.

За **безреагентних методів** знезаражена вода піддається впливу ультрафіолетових променів, які мають бактерицидні властивості (короткі хвилі), або високої температури (кип'ятіння). У даний час для знезараження води використовуються ультразвукові хвилі, струм високої частоти, γ -випромінювання та інші фізичні агенти.

2.3 Прояснення та знебарвлення природних вод. Коагуляція

Підготовка поверхневих вод полягає в затриманні колоїдних та завислих речовин, розміри яких коливаються в досить широких межах. У статичних умовах, тобто в місткості без будь-якого руху води, вони, залежно від розмірів, видаляються від 10 секунд до 4 років. Для видалення великих частинок досить просто передбачити методи розділення фаз, а для дрібних це зробити значно важче.

Схеми прояснення і знебарвлення поділяються на **безреагентні**, в яких частинка затримується завдяки своїм природним даним і **реагентні**, в яких частинка затримується за допомогою введених реагентів.

Процес, при якому відбувається укрупнення завислих та колоїдних частинок, за рахунок їх взаємного злипання під дією молекулярних сил, називається **коагуляцією**. Електроліт, що вводиться, отримав назву **коагулянт**. При коагуляції частинка набуває інших особливостей. Завершується процес утворенням великих пластівців розміром 1-10 мм з подальшим їх видаленням із води. Коагуляція поділяється на:

- коагуляцію в об'ємі, коли процес відбувається у вільному водному просторі,
- контактну коагуляцію, коли процес проходить за наявності адгезійних домішок (зернисте завантаження, шар завислого осаду).

Для здійснення коагуляції у воду вводяться коагулянти – сульфат алюмінію, сульфат заліза (III), хлорид заліза (III), флокулянти – поліакриламід, активовану кремнієву кислоту, окислювачі – хлор, гіпохлорит нагрію, хлорне вапно. Найчастіше на водоочисних станціях як коагулянт використовується сульфат алюмінію (очищений та неочищений).

Реагенти вводяться у вигляді розчину, який готується у реагентному господарстві. Протягом перших 30 с після введення розчинів додані солі

гідролізуються, а флокулянти утворюють пластівці з великою активною поверхнею. Гідроліз солей завершується утворенням колоїдних гідроксидів алюмінію та заліза $[Al(OH)_3, Fe(OH)_3]$, які також мають велику активну поверхню. Тонкодисперсні глинисті та колоїдні домішки, які є у воді, адсорбуються на поверхні пластівців флокулянта й гідроксиду. Так у воді виникає багато дрібних пластівців із домішками, які утримуються на їхній поверхні. Поступово вони укрупнюються до видимих, стають важкими й осідають. Процес утворення пластівців триває протягом 15-20 хв. Для утворення крупних пластівців вода повільно переміщується. Споруда, в якій утворюються пластівці, називається **камерою утворення пластівців**. Зазвичай у теплій воді (вище $4^{\circ}C$) процес утворення пластівців відбувається досить швидко і добре, тому флокулянт здебільшого не вводиться, а застосовується тільки коагулянт і окислювач (хлор, гіпохлорит натрію).

Безреагентний метод використовується для очищення мутних та малокольорових вод. Основними спорудами за цього методу є повільні фільтри.

За цією схемою вода частково прояснюється на попередніх фільтрах, а остаточно прояснюється та знебарвлюється на повільних фільтрах, які становлять місткості завантажені дрібним піском. За високих показників води (мутність менше 50 мг/дм^3) вона може подаватися безпосередньо на повільний фільтр. Повільний фільтр достатньо повно (до 95%) знезаражує воду. Повільні фільтри періодично регенеруються шляхом зняття плівки із затриманих забруднень. Попередні фільтри можна замінювати на горизонтальні відстійники або водосховища наливного типу. Останнім часом рекомендуються повільні фільтри з гідромеханічним розпушуванням (регенерацією) засипки, на яких вода кольоровістю до 50 градусів і мутністю до 1500 мг/дм^3 пропускається крізь піщану засипку фільтра й очищеною збирають у резервуарі чистої води. Такі схеми використовуються за будь-якої продуктивності.

Двоступеневі реагентні схеми використовуються при мутності води до 1500 мг/дм^3 та кольоровості до 120 градусів. Залежно від продуктивності станції використовуються такі схеми: 1) При продуктивності станції до $5000 \text{ м}^3/\text{д}$ рекомендується схема з вертикальними відстійниками (перший ступінь очищення) і швидкими фільтрами (другий ступінь очищення). 2) При продуктивності станції більше $30000 \text{ м}^3/\text{д}$ замість вертикальних використовуються горизонтальні відстійники. 3) В інтервалі продуктивності від 5000 до $30000 \text{ м}^3/\text{д}$ замість відстійників широко використовуються прояснювачі з шаром завислого осаду. Проте вода в джерелі не повинна мати мутність менше 50 мг/дм^3 у будь-який період року.

Маломутні та кольорові води можна очищувати за одноступеневою **реагентною схемою**. При мутності води до 120 мг/дм^3 і кольоровості до

120 градусів використовується схема з контактними прояснювачами. Вода, яка подається на очищення, спочатку очищується від планктону, сміття на барабанних сітках або мікрофільтрах, змішується у трубопроводі з хлором і подається у контактний резервуар, де окислюються органічні речовини. З резервуара вода подається у змішувач, де вона змішується з коагулянтном. Змішана з коагулянтном вода подається безпосередньо в контактний прояснювач із зернистою засипкою, де вона рухається знизу вгору, прояснюється й збирається в резервуарі чистої води. При мутності води до 100 мг/дм^3 та кольоровості до 100 градусів можна використовувати схему з контактними пінополістирольними або пінополістирольно-вугільними фільтрами, на які вода, змішана з реагентами, потрапляє зі змішувача. Проходячи крізь шар плаваючого пінополістиролу знизу вгору вода прояснюється й знебарвлюється, а в шарі активованого вугілля дезодорується.

2.4 Фільтрування води

Практично в усіх технологічних схемах водопідготовки використовуються споруди для фільтрування води. **Фільтруванням** називається процес розділення неоднорідних систем (суспензій) за допомогою пористих перегородок, які затримують одну (тверду) фазу цих систем і пропускають іншу (рідку).

Фільтрування дає змогу затримувати найменші завислі й колоїдні частинки з води в поруватому елементі з витрачанням при цьому великої кількості енергії (потрібний великий напір). Частинки можуть затримуватися на поверхні пористого елемента (плівкове фільтрування) та в товщі (об'ємне фільтрування). Характерними гідравлічними показниками в цьому процесі є:

- швидкість фільтрування, м/год – це витрати води в $\text{м}^3/\text{год}$, що пройшли крізь один м^2 площі фільтра;
- інтенсивність промивання, л/см² – це витрати води в л/с, що промивають м^2 площі фільтра.

Залежно від якості води і насамперед від крупності і властивостей домішок, вимог до очищеної води і, відповідно, ступеня очищення води, продуктивності, вартості будівництва й експлуатації, місцевих умов, використовуються різноманітні типи фільтрів:

У господарсько-питному водопостачанні найбільш поширені адгезійні зернисті фільтри, які повинні затримувати колоїдні і завислі частинки з води. Вони у свою чергу поділяються на:

- 1) залежно від швидкості фільтрування, м/год – повільні (0,1-0,2), швидкі (5,5-15), надшвидкі (більше 25);
- 2) залежно від крупності засипки – дрібнозернисті (0,3-1 мм), середньозернисті (0,5-0,8 мм), крупнозернисті (1-2 мм);

- 3) за кількістю фільтруючих шарів – одношарові, багатошарові;
- 4) за кількістю потоків – однопотокові, двопотокові;
- 5) за напором у них – напірні, безнапірні;
- 6) за напрямком фільтрувального потоку – з вертикальним висхідним або низхідним, горизонтальним у тому числі радіальним;
- 7) за вагою засипки – важкі, такі, що тонуть у воді та плаваючі.

Основними характеристиками зернистої засипки є мінімальний, максимальний, еквівалентний діаметри, коефіцієнт неоднорідності, товщина.

Характеристикою засипки може бути брудомісткість, яка показує кількість забруднень у кілограмах затриманих кубічних метрів засипки або квадратних метрів площі фільтра. Брудомісткість зазвичай збільшується при збільшенні в певних, незначних межах крупності і товщини засипки, при фільтруванні води в напрямку зменшення крупності зерен.

Повільні фільтри – це залізобетонні або цегляні резервуари прямокутної або круглої форми, заповнені кварцовим піском і підтримувальним шаром щебеню. Висота шару кварцового піску залежно від розмірів його зерен (мм) береться такою, що дорівнює: 0,3-1 – 800 мм; 1-2 – 500 мм; гравію або щебеню: 2-20 – 100 мм; 20-40 – 150 мм. Висота шару всього завантаження має становити 1300 мм. Швидкість фільтрування на повільних фільтрах залежить від вмісту завислих речовин у пояснюваній воді і дорівнює 0,2-0,1 м/год (за вмісту завислих речовин 25 мг/дм³ і менше). Брудомісткість залежить від властивостей завислих речовин, тому фільтри зазвичай чистять один раз на 10-30 діб.

Глибина води на фільтрувальному шаром становить 1,2-1,5 м. Днище фільтра має ухил 0,01° до лотка. За вмісту завислих речовин у воді до 25 мг/дм³ швидкість фільтрування на повільних фільтрах береться рівною 0,2-0,3 м/год, за вмісту завислих речовин 25-30 мг/дм³ – 0,1-0,2 м/год. Недоліком повільних фільтрів є їх велика будівельна вартість та велика площа, яку вони займають. До переваг належить простота обслуговування.

У **відкритому швидкому фільтрі** площею 30 м² коагульована та попередньо очищена вода надходить у бічну кишеню, а з неї – в резервуар фільтра. Висота шару води над поверхнею завантаження має бути не менше ніж 2 м. Очищена вода після фільтра надходить у резервуар чистої води. Максимальна втрата напору в завантаженні допускається 3-3,5 м. Тривалість фільтрування – 5-7 хв. Фільтр промивається, при подаванні води знизу вгору. Дійшовши до верхньої межі промивних жолобів, промивна вода разом із забрудненнями відводиться до споруд обертання промивної води. Тому інтенсивність промивання 12-18 л/(с·м²) береться залежно від крупності зерен фільтрувального завантаження (0,5-2 мм). Під час розрахунку швидких фільтрів передбачається визначення їх площі та числа, кількості й розмірів промивних жолобів, підбір фільтрувального завантаження, визначення розмірів елементів розподільної системи, бічної

кишені або центрального каналу і трубопроводів обов'язки. Фільтри та їх комунікації розраховуються на роботу за нормального або форсованого режиму.

У *напірному швидкому фільтрі* подавання пояснюваної і відведення промивної води здійснюється крізь центрально розміщену лійку. Фільтрувальний матеріал безпосередньо розташований на ковпачковому або щілинному дренажі. У фільтрі передбачено водоповітряне промивання, для чого в апарат підводиться стиснене повітря. Висота фільтрувального завантаження фільтрів усіх розмірів становить 1,2 м. Найбільший діаметр становить 3,4 м, фільтрувальна площа – 7,1 м². В горизонтальних напірних фільтрах площа фільтрування досягає 28-30 м².

2.5 Знезараження води

Вода, зазвичай, знезаражується на заключному етапі очищення після прояснення та знебарвлення до її потрапляння у резервуари чистої води, які одночасно виконують функції контактних камер. Для знезаражування води застосовуються такі методи:

- *безреагентні* – термічна обробка, ультрафіолетове опромінювання, обробка ультразвуком;
- *реагентні* – ґрунтуються на введенні сильних окислювачів (хлор, озон, перманганат калію, хлорне вапно) та іонів срібла.

Сильні окислювачі руйнують ферменти бактеріальних клітин, а іони срібла мають олігодинамічну дію, тобто вбивають бактерії.

Метод обирається залежно від кількості та якості води, методів її попередньої очищення, вимог до надійності знезаражування (дезінфекції), з урахуванням техніко-економічних показників, умов постачання реагентів, наявності транспорту, можливості автоматизації процесів тощо.

До знезаражування ультрафіолетовим випромінюванням за допомогою бактерицидних ламп рекомендовано тільки води підземних водних джерел, які мають колі-індекс не більше 1000 од./дм³, вміст заліза – не більше 0,3 мг/дм³. Довжина хвилі променів повинна становити 200-295 нм (оптимальна 260). Бактерицидні установки встановлюються на всмоктувальних і напірних лініях насосів другого підняття в окремих будівлях або приміщеннях. Робочих установок має бути не більше п'яти, резервних – одна. При продуктивності станції до 30 м³/год застосовуються установки з незануреним джерелом випромінювання у вигляді аргонртутних ламп низького тиску. Якщо продуктивність станції 30-150 м³/год, то застосовуються установки із зануреними ртутно-кварцовими лампами високого тиску. В установках із незануреними лампами вода проходить горизонтальним потоком по лотках, над якими розташовані лампи з відбивачами на висоті 124 мм над дном лотка.

Перевагою метода можна вважати відсутність небажаних явищ,

немає потреби в спеціальних засобах безпеки, невисокі експлуатаційні витрати, відсутність спеціального обслуговуючого персоналу, не має потреби в запасах реагентів та місткостях для контакту води.

Хлор найчастіше використовується на станціях водоочищення для знезараження. При цьому може використовуватися рідкий хлор, хлорне вапно, гіпохлорит натрію. Доза хлору для знезаражування підземних вод призначається 0,7-1 мг/дм³ активного хлору, для поверхневих вод – 2-3 мг/дм³. Тривалість контакту хлору і гіпохлориту натрію з водою має бути 30-60 хв.

На станціях із витратами хлору до 50 кг/д можна використовувати для знезаражування води гіпохлорит натрію, який готується із розчину кухонної солі електролітичним способом. Установки поділяються на проточні та порційні. До їх складу входять електролізери, різномісні баки.

Розчин солі 10% концентрації подається у бак постійного рівня звідки він витікає з постійними витратами. Після наповнення бачка-дозатора спрацьовує сифон і зливає певний об'єм розчину в електролізер. Під дією електричного струму в електролізері утворюється гіпохлорит натрію. Нові порції розчину солі виштовхують гіпохлорит натрію у витратний бак, з якого він дозується насосом-дозатором, дозатором Хованського тощо.

Хлорування води рідким хлором здійснюється за допомогою хлораторів, в яких готується розчин. Розчин хлору вводиться безпосередньо в трубопровід. Використовуються вакуумні хлоратори АХВ-1000 (раніше ЛОНІІ-100), ЛК-10, ЛК-11, ЛК-12, ХВ-11. На станцію рідкий хлор доставляється у балонах або бочках. При підключенні витратного балона рідкий хлор випаровується і потрапляє в балон-розширювач. Газоподібний хлор очищується в цьому балоні і фільтрі зі скляною ватою та після зниження його тиску редуктором до 0,01-0,02 МПа змішується із водою у змішувачі. Регулювальний вентиль слугує для встановлення потрібного дозування хлору, витрата якого вимірюється ротаметром. У змішувачі відбувається розчинення хлор-газу у воді, яка надходить у змішувач із бачка постійного рівня.

На дуже малих станціях застосовують **хлорне вапно**, яке готується у вигляді розчину в баках, як і коагулянт. Замість баків використовуються дерев'яні бочки.

Для знезаражування води в локальних схемах можна застосовувати і **хлорпатрони**, які вставляються у місткість із водою (хлорпатрон – це пористий циліндричний елемент, в який засипається хлорне вапно).

У цілому ефективність хлорування залежить від дози хлору й тривалості контакту з водою. При цьому на окислення мікроорганізмів витрачається невелика доза хлору, а більша його частина використовується для окислення органічних та деяких мінеральних домішок. Хлор знищує всі патогенні бактерії, крім спороутворювальних.

З метою зменшення дози хлору у воду вводиться аміак у пропорції 1:1. У результаті введення аміаку у воді утворюються хлораміни, у яких окислювальний потенціал значно нижчий, знижується хлорпоглинання води, на довший час обумовлюється фіксація хлору, він запобігає появі хлорфенольних запахів та присмаків, хлорамінний хлор менш відчутний. При цьому використовується преамонізація (введення аміаку за 1-2 хв до введення первинного хлору) для попередження хлорфенольних запахів і присмаків та постамонізацію (аміак вводиться після хлору безпосередньо в резервуари чистої води) для подовження дії хлору.

Озон є сильним окислювачем, який одержується у результаті сильного розряду струму при напрузі 8000-10000 В. Повітря забирається компресором, очищується від пилу охолоджується, осушується, проходить крізь озонатор, в якому утворюється озон і розподільною системою вдувається у воду в контактному резервуарі. Для осушування повітря використовуються адсорбери із силікагелем або активним оксидом алюмінію, які регенеруються продувкою гарячим повітрям. Висота контактного резервуара береться 4,3-4,6 м. Резервуар має бути щільно зачинений і обладнаний пристроєм для уловлювання вільного озону. Оброблена озоном вода, зазвичай, має блакитний колір та приємний запах. Витрати електроенергії дорівнюють 13-29 кВт/год на 1 кг озону. Без пристрою для осушування повітря витрати електроенергії збільшуються в 2-3 рази. Тривалість контакту озону з водою повинна бути не меншою ніж 4 хв, доза озону береться 0,75-1 для підземних та 1-3 мг/дм³ для поверхневих вод.

Знезаражування води іонами срібла. Срібло є ефективним знезаражуючим реагентом. Вода, оброблена сріблом, із дозою 0,1 мг/дм³, зберігає високі санітарно-гігієнічні показники впродовж року. Вводити срібло можна безпосереднім контактом води з розвиненою поверхнею самого металу, розчиненням солей срібла у воді електролітичним способом. Електролітичний спосіб дає змогу швидко розчинити срібло у воді, регулювати процес і забезпечувати достатньо точне дозування. Л.А. Кульський розробив іонатори ЛК-27, ЛК-28, в яких передбачається анодне розчинення срібла електричним постійним током у електролізерах.

Ультразвук із довжиною хвиль 20-30 кГц знищує бактерії за 2-5 с. Такі ультразвукові коливання отримуються п'єзоелектричним або магнітострикційним методами. Установка для обробки води ультразвуком є проточною місткістю, в яку вставлено джерело ультразвуку.

Термічне знезаражування води використовується для знезаражування невеликої кількості води в санаторіях, лікарнях, на пароплавах, потягах тощо. Повне знезаражування води та загибель патогенних бактерій досягається при 5-10-хвилинному кип'ятінні води. Для цього типу знезаражування використовуються спеціальні типи кип'ятильників. Метод дуже дорогий, потребує велику кількість палива

або електроенергії, пропускна спроможність апаратів незначна.

Знезаражування рентгенівським випромінюванням передбачає опромінення води короткохвильовим, рентгенівським опроміненням з довжиною хвиль 60-100 нм. Короткохвильове опромінення глибоко проникає в тканини й клітини, спричиняє їх значні зміни та іонізацію. Метод недостатньо вивчений.

Знезаражування вакуумуванням передбачає інактивацію бактерій та вірусів при понижених тисках. Повний бактерицидний ефект досягається за 15-20 хв. Найбільш доцільний режим обробки при температурі 20-60°C та тиску 2,2-13,3 кПа.

Комбіновані методи знезаражування води передбачають введення разом із хлором додаткових реагентів, які покращують ефект знезараження. Найбільше застосовні: хлорування води з амонізацією; хлорування з мангануванням; хлорування з іонами срібла або міді.

2.6 Спеціальні методи поліпшення якості вод

Залежно від властивостей джерела водопостачання або вимог споживачів до якості води може знадобитися спеціальна її обробка: пом'якшення, знезалізнення, стабілізація, дезодорація, знесолення, видалення або введення окремих компонентів, охолодження тощо.

Пом'якшення води застосовується для зниження її жорсткості шляхом усунення або зменшення солей кальцію та магнію, головним чином, при підготовці води для котельних установок та технологічних потреб окремих підприємств.

Розрізняються методи реагентного та катіонітового пом'якшення води. При пом'якшенні підземних вод, як правило, використовуються катіонітові методи, поверхневих – реагентні, які виконуються одночасно з проясненням.

З методів **реагентного пом'якшення** найпоширеніший, вапняно-содовий, при якому у воду додається вапно для зняття тимчасової (карбонатної) жорсткості і кальциновану соду для видалення постійної (некарбонатної) жорсткості. При введенні у воду вказаних реагентів утворюються нерозчинні сполуки, які випадають в осад, або сполуки, що зберігаються у воді, але не мають властивостей солей жорсткості. До установок реагентного пом'якшення води, як правило, входять: реагентне господарство, змішувачі, прояснювачі із завислим осадом, фільтри.

Метод **катіонітового пом'якшення** води полягає у здатності деяких матеріалів (катіонів) обмінювати катіони натрію або водню на катіони солей жорсткості, які є у воді. В якості катіонітів найчастіше використовується сульфатовугілля (подрібнене кам'яне вугілля, оброблене концентрованою сірчаною кислотою) або синтетичні смоли.

Знезалізнення води. При значному вмісті заліза, вода контактуючи з

киснем, набуває бурого кольору і неприємного металічного присмаку. Пластівці гідрату окису заліза випадають в осад і можуть спричинити заростання труб. Вода з великим вмістом заліза непридатна для деяких підприємств, тому що може спричинити псування продукції, змінюючи її колір (виробництво тканин, штучного волокна, паперу, плівки, фотопаперу тощо). Вміст заліза у питній воді не повинен перевищувати $0,3 \text{ мг/дм}^3$, а у технічній воді – відповідно до вимог технологів.

При знезаліженні підземних вод найчастіше використовуються безреагентні методи, а поверхневих – реагентні, оскільки одночасно вирішується задача прояснення води. При безреагентних методах вода спочатку аерується, а потім фільтрується на контактних і піщаних фільтрах. В якості реагентів для знезаліження використовується сульфат алюмінію, вапно або реагенти-окислювачі.

Стабілізація води полягає в наданні їй властивостей, при яких вона втрачає здатність спричиняти корозію або відкладати солі. Стабілізація води здійснюється переважно в промислових системах.

Для усунення корозійних властивостей води на метал застосовується підлужнення або фосфатування води. При підлужненні у воду вводиться вапно або кальцинована сода. Для запобігання заростання труб карбонатом кальцію застосовується підкислення води сірчаною (соляною) кислотою або виконується декарбонізація води шляхом продування крізь воду димових газів.

Для боротьби з біологічним заростанням трубопроводів і обладнання періодично використовується купоросування і хлорування води.

Знесолення води полягає у видаленні з неї розчинених солей. Повне знесолення необхідне для окремих технологічних процесів, зокрема, при підготовці води для котлів високого тиску. Часткове видалення розчинених солей називається **опрісненням**.

Опріснення води з вмістом солей до $2-3 \text{ г/дм}^3$ виконується іонним обміном, при концентрації солей $3-15 \text{ г/дм}^3$ – методом гіперфільтрації або електролізу і для води з вмістом солей більше 10 г/дм^3 – шляхом заморожування, дистиляції або гіперфільтрації.

Дезодорація води. Для зниження інтенсивності присмакові і запахів використовується окислення з подальшою сорбцією речовин, для чого вода фільтрується крізь гранульоване активоване вугілля з періодичною його регенерацією або заміною. При незначній інтенсивності присмаків і запахів можна використовувати тільки окислення, яке виконується одночасно з проясненням та знебарвленням. Окислювачами можуть бути хлор, озон, перманганат калію. Тип окислювача та його доза встановлюються на основі технологічних випробувань.

Для усунення з води хлорних та фенольних запахів успішно використовується амонізація води. Зниженню запахів і присмаку води може сприяти аерація води до введення у воду хлору або інших

окислювачів.

Дегазація води полягає у видаленні у ній газів. Природні води зазвичай містять такі розчинені гази: кисень, вуглекислоту, азот та інколи – сірководень та метан.

Для дегазації води застосовуються хімічні та фізичні методи. Хімічні методи базуються на застосуванні реагентів, що зв'язують розчинені у воді гази. Так, для видалення кисню з води використовуються металеві стружки, сульфат натрію, гідразин, сірчаний газ. При видаленні з води сірководню вона обробляється хлором, відновлюючи сірку до кристалічної, яка випадає в осад. Для зв'язування вільної вуглекислоти у воду вводиться вапно або їдкий натр, що переводить її на карбонат-іони.

Фізичні методи дегазації води базуються на утворенні умов, при яких розчинність газів стає близькою до нуля (нагрівання або утворення вакууму).

Фторування та знефторення води. Для людського організму шкідливі як повна відсутність фтору в питній воді, так і його підвищена концентрація. Оптимальний вміст фтору повинен бути в межах 0,8-1,2 мг/дм³. При пониженої концентрації у воду вводяться реагенти, що містять фтор (кремнієвофтористий натрій або амоній), а при концентрації в 1,5 мг/дм³ і більше виконується знефторення води. Фтор з води видаляється шляхом сорбції його осадом гідроокису магнію, алюмінію, фосфату кальцію або вода фільтрується крізь сорбент, який затримує фтор.

Охолодження води. В системах промислового водопостачання для охолодження води використовуються охолоджувальні ставки, басейни і градирні. В охолоджувальних ставках в одному кінці скидається нагріта вода, а в іншому – збирається охолоджена. В басейнах нагріта вода розбризкується по поверхні води за допомогою насадок, а охолоджена збирається на деякій глибині.

Питання для самоперевірки

1. Що називається якістю води? Які показники визначають це поняття?
2. З яких основних етапів складається процес водопідготовки природної води?
3. Перелічіть прилади, що використовуються для прояснення та знебарвлення природних вод. Охарактеризуйте їх призначення.
4. Що таке «коагуляція»? Для чого вона використовується?
5. Що розуміється під процесом «фільтрування»? Які типи фільтрів існують? В чому полягає їхня принципова різниця?
6. Що таке «зnezараження»? Основні способи зnezараження.

3 ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА САНІТАРНИЙ НАГЛЯД ЗА ДЖЕРЕЛАМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ

3.1 Розміщення водозаборів і зон санітарної охорони

Вибір джерела водопостачання. При виборі джерела водопостачання керуються положеннями, які викладено у стандарті ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання». У першу чергу передбачається використання міжпластових напірних, безнапірних, підземних та поверхневих вод.

Оцінка якості води дозволяє перевірити правильність вибору джерела підземних або поверхневих вод, якість води яких відповідає державним стандартам. Якщо якість води обраного джерела водопостачання не відповідає вказаним нормативам, то її необхідно довести до відповідних вимог ефективними, надійними і простими методами обробки.

При проектуванні водопроводу дуже важливою характеристикою є **орієнтовні норми господарсько-питного водокористування**. У середньому на рік на одного мешканця рекомендується брати норму, згідно з СНиП 2.04.02-84, для міських і промислових районів на 1990 р. – 550 л/д на 2000 р. – 600 л/д, для сільськогосподарських районів на 1990 р. – 125 л/д, на 2000 р. – 150 л/д.

Вказані орієнтовні норми господарсько-питного водокористування допускають збільшення або зменшення водокористування не більше ніж на 10-20% залежно від кліматичних та інших місцевих умов, а також від ступеня благоустрою.

Ще однією з найважливіх характеристик системи водопостачання є максимальна потреба населення у воді. Знаючи орієнтовну норму водокористування і помноживши її на кількість мешканців, можна визначити максимальну потребу населеного пункту у воді $Q_{\text{доб.макс}}$. Більш точно розрахунок цієї величини для населеного пункту в середньому на рік можна виконати за такою формулою:

$$Q_{\text{доб.макс}} = q \cdot N / 1000, \quad (3.1)$$

де q – питоме водокористування, яке береться за СНиП 2.04.02-84;

N – розрахункова кількість мешканців у районах житлової забудови з різним ступенем благоустрою;

1000 – коефіцієнт перерахунку 1 дм³ в 1 м³.

Ця формула не враховує потреби населеного пункту у питній воді на перспективу розвитку впродовж 25 років $Q_{\text{персп.розв}}$, яка становить 15% від орієнтовної норми господарсько-питного водопостачання, а також потреби промислового водопостачання ($Q_{\text{пром}}$), які розраховуються згідно з вимогами СНиП 2.04.01-85.

Водорозподільча мережа повинна забезпечити пропускання максимальної витрати води ($q_{\text{год.макс}}$). Тому проектні матеріали мають містити також розрахунок і цієї величини

$$q_{\text{год.макс}} = K_{\text{год.макс}} \cdot Q_{\text{доб.макс}} / 24, \quad (3.2)$$

де $K_{\text{год.макс}}$ – максимальний коефіцієнт погодинної нерівномірності, який визначається за формулою

$$K_{\text{год.макс}} = a_{\text{макс}} \cdot b_{\text{макс}}, \quad (3.3)$$

де $a_{\text{макс}}$ – коефіцієнт, який враховує ступінь благоустрою споруд, режим роботи підприємств та інше і дорівнює 1,2-1,4;

$b_{\text{макс}}$ – коефіцієнт, зумовлений кількістю мешканців у населеному пункті – при 100 мешканцях дорівнює 4,5; 150 – 4; 200 – 3,5; 500 – 2,5; 1 тис. – 2; 4 тис. – 1,5; 10 тис. – 1,3; 50 тис. – 1,15; 100 тис. – 1,1; 300 тис. – 1,05; 1 млн – 1.

Джерело водопостачання та водозабірні споруди водопроводу повинні бути захищені від забруднення шляхом організації зон санітарної охорони відповідно до «Положення про порядок проектування і експлуатації зон санітарної охорони джерел водопостачання і водопроводів господарсько-питного призначення».

Зона санітарної охорони (ЗСО) водопроводу охоплює джерело водопостачання, водозабірні споруди й майданчики, на яких розташовано головні споруди. Виділяються три пояси зони санітарної охорони.

Зона санітарної охорони водопроводу з відкритих водних об'єктів. При організації водозабору з річки до *першого поясу ЗСО (зона суворого режиму)* входить територія ввєрх проти течії (від водозабору) на відстань не менше, ніж на 200 м, вниз – не менше, ніж на 100 м, а при ширині річки менше 100 м – уся територія на цьому відрізку і протилежний берег шириною 50 м від урізу води, при ширині річки понад 100 м – смуга акваторії шириною не менше 100 м.

При водозаборі з непроточних водойм (озера, водосховища) до першого поясу входить берегова смуга не менше, ніж на 100 м в обидва боки від лінії урізу води, і акваторія не менше 100 м від водозабору в усіх напрямках. Акваторія першого поясу має бути позначена бакєнами. Крім

акваторії та її берегів, до першого поясу повинна увійти вся територія, зайнята головними водопровідними спорудами, смуга захисних зелених насаджень за периметром зони і резервна територія на випадок розширення водопроводу. При цьому необхідно врахувати, що відстань від складу хлору до найближчих житлових і громадських споруд повинна бути не менше 300 м.

Територія першого поясу має бути огорожена і повинна охоронятися. Забороняється доступ сторонніх осіб і проживання людей, будівництво об'єктів, які не мають відношення до головних водопровідних споруд. На території першого поясу забороняється скидання стічних вод, у тому числі з річкових суден, купання, випас худоби, прання білизни, рибна ловля, застосування хімічних засобів захисту рослин, органічних і деяких видів мінеральних добрив.

Межа другого поясу (зона обмеження) для водозабору повинна бути віддалена вгору проти течії настільки, щоб мікробне самоочищення при проходженні води від цієї межі до водозабору (за витрати води у річці 90% забезпеченості) відбувалося за три-п'ять діб (залежно від кліматичних умов).

За наявності судноплавства межі другого поясу ЗСО повинні охоплювати акваторію по лінії фарватеру. Відстань від верхньої межі другого поясу ЗСО до водозабору визначається, виходячи з часу проходження води (діб), необхідного для мікробного самоочищення, та швидкості течії води (м/с).

На непроточних водоймах межа другого поясу ЗСО повинна бути віддалена по акваторії в усі боки від водозабору на відстань 3 км за повторюваності вітрів до 10% у бік водозабору і 5 км за повторюваності вітрів понад 10%. Бокові межі другого поясу ЗСО визначаються береговою смугою, ширина якої від урізу води має становити: а) за рівнинного рельєфу місцевості – не менше 500 м; б) за гористого рельєфу місцевості – до вершини першого схилу.

Межа другого поясу ЗСО проточної водойми вниз за течією повинна бути на відстані не менше 250 м від водозабору для виключення впливу вітрових зворотних течій.

Межі третього поясу ЗСО поверхневих джерел водопостачання вгору і вниз за течією збігаються з межами другого поясу, бокові межі проходять по лінії вододілів у межах 3-5 км, включаючи притоки.

На території другого й третього поясів передбачаються: благоустрій населених пунктів, промислових підприємств і тваринницьких комплексів для попередження забруднення ґрунту і поверхневих вод; очищення побутових і промислових стічних вод; суворий контроль СЕС за новим будівництвом; контроль за використанням отрутохімікатів у сільському господарстві. У межах прибережної смуги водного об'єкта забороняється: на 100 м від лінії урізу води за найвищого її рівня – випас худоби, на 300 м

– застосування отрутохімікатів і органічних добрив, на 500 м – розміщення тваринницьких ферм.

Зона санітарної охорони водопроводу з підземних джерел. Межі ЗСО перш за все залежать від гідрогеологічних умов району водозабору. **Межа першого поясу** повинна включати найбільш круту ділянку депресійної воронки в радіусі 30-50 м. оскільки тут найбільш активно відбувається фільтрація поверхневих і ґрунтових вод у підземний потік.

Межа другого поясу ЗСО має бути обґрунтованою з урахуванням місцевої гідрогеологічної та санітарної ситуації. Межа другого поясу ЗСО визначається гідродинамічними розрахунками таким чином, щоб за потрапляння у водоносний горизонт за межами другого поясу мікробного (нестабільного) забруднення воно не могло досягти водозабору.

Межа третього поясу ЗСО визначається гідродинамічними розрахунками таким чином, щоб при надходженні за її межами у водоносний горизонт хімічних (стабільних) забруднювальних речовин вони не досягали водозабору або ж досягали його не раніше розрахункового часу. Для захисту підземного водозабору від хімічного забруднення стабільного характеру необхідно, щоб час руху забрудненої води від межі третього поясу ЗСО до водозабору був більший від прийнятої (середньої) тривалості технічної експлуатації водозабору. У цих випадках для захисту від хімічного забруднення час необхідно встановлювати не менше 25 років.

У межах другого поясу без дозволу СЕС не допускається будівництво, особливо з порушенням цілісності ґрунту і водонепроникних шарів або з утворенням санітарно-небезпечних відходів. Тваринницькі ферми не дозволяється розташовувати ближче 300 м від межі першого поясу, а випасати худобу – ближче 100 м. Покинуті свердловини мають бути затампоновані, колодязі засипані.

3.2 Санітарна експертиза проектів водопостачання

Будівництво господарсько-питних водопроводів здійснюється за індивідуальним проектом з використанням типових проектів окремих водопровідних споруд: насосних станцій, резервуарів чистої води, споруд для очищення води та ін. Тому експертиза проектів водопостачання і ЗСО виконується обов'язково для кожного проекту.

Санітарна експертиза проектів водопостачання виконується у такій послідовності.

1. **Ознайомлення з паспортними даними проекту** (назва, стадія, проектування, організація-розробник, автори, рік розробки). Ці відомості є на титульному аркуші проекту

2. **Перевірка повноти наданих матеріалів.** Набір і обсяг проектів зумовлюється офіційними документами, зокрема, СНиП 1.02.01-

85. Згідно з цими документами проекти будівництва, відновлення й реконструкції водопровідних споруд, які подані на узгодження, повинні містити пояснювальну записку, графічний матеріал, проект ЗСО, додатки.

До пояснювальної записки включаються такі матеріали:

а) характеристики населеного пункту і перспективи його розвитку, відомості про забудову (кількість поверхів) і санітарний благоустрій окремих районів;

б) детальні розрахунки об'єму води на всі потреби, розрахунок сумарного водокористування із зазначенням кількості води (в тому числі і для населення) за чергами будівництва і характеристикою режиму водокористування (коефіцієнти нерівномірності), дані про продуктивність, санітарний та технічний стан водопровідних споруд;

в) обґрунтування необхідності будівництва або розширення водопровідних споруд;

г) обґрунтування вибору джерела водопостачання, детальний опис його з результатами аналізу води;

д) матеріали про техніко-економічне й санітарно-гігієнічне порівняння можливих варіантів водопостачання і обґрунтування вибору з них оптимального, короткий опис прийнятих схем водопостачання, обробки води та основні дані розрахунку продуктивності водопідйомних і очисних споруд;

є) місце розташування і характеристика всіх головних водопровідних споруд (продуктивність, розміри, режим роботи, опалення, вентиляція і санітарний благоустрій споруд, перелік типових проектів для використання), межі території обслуговування, траси й глибина закладання водоводів і водопровідної мережі (включаючи розташування стосовно каналізаційної мережі).

Графічний матеріал включає ситуаційний план місцевості з позначенням даного населеного пункту, об'єкта, що проектується; генплан населеного пункту; схематичний план кварталів, громадських споруд, промислових підприємств, комунальних об'єктів, існуючих водопровідних мереж і споруд; план майданчика головних водопровідних споруд (з нанесенням горизонтів); профіль і план траси водопроводів і мережі.

Проект ЗСО повинен містити: текстову частину, графічний матеріал і рішення міських органів влади з переліком передбачених заходів. У текстовій частині має бути надано: характеристику санітарного стану джерела водопостачання з результатами сезонних аналізів якості води відповідно до вимог стандарту 2761-84; дані про дебіт джерела водопостачання і відповідність розрахунковій потребі у воді; гідрологічні (для поверхневих) і гідрогеологічні (для підземних) характеристики джерела водопостачання; дані про перспективи будівництва в районі розташування джерела водопостачання; обґрунтування меж першого, другого і третього поясів ЗСО.

Графічний матеріал повинен містити ситуаційний план у масштабі 1:50000-1:100000 з позначенням меж другого і третього поясів ЗСО та місць розташування водозаборів і водопровідних споруд, джерела водопостачання і басейну його живлення (з притоками) – для поверхневого джерела, гідрогеологічних профілів з напрямками руху підземних вод у межах області живлення, а також існуючих свердловин (для підземного джерела).

Крім того, до графічного матеріалу включається план першого поясу ЗСО у масштабі 1:500 1:1000 і план другого та третього поясів ЗСО у масштабі 1:10000-1:25000 за підземного і в масштабі 1:25000-1:50000 за поверхневого джерела водопостачання з нанесенням джерел забруднення.

У додатках до проекту наводяться висновки місцевої СЕС щодо можливості використання даного джерела для централізованого водопостачання і узгодження місць буріння свердловин, розташування водозабірних споруд, а також про можливість створення ЗСО.

3. **Ознайомлення з офіційними нормативними документами.** На основі та відповідно до цих документів виконується експертиза проектів водопостачання.

4. **Санітарна експертиза наданих матеріалів.** При санітарній експертизі проектів водопостачання населених місць підлягають розгляду всі матеріали проекту, які дозволяють дати санітарно-гігієнічні висновки з таких принципових питань водопостачання: перевірка розрахункової потреби населеного пункту (об'єкта) у питній воді; правильність вибору джерела водопостачання; правильність вибору технологічної схеми обробки води й місця розташування майданчика головних водопровідних споруд; правильність влаштування окремих споруд водопроводу; проект ЗСО.

Прийом до експлуатації збудованих водопровідних споруд. Після попереднього санітарного нагляду під час будівництва (відвідування об'єкта представником санітарної служби не менше одного разу на квартал) вже збудовані водопровідні споруди приймаються до експлуатації у два етапи: спочатку робочою комісією, а потім державною.

Робоча комісія створюється замовником. До неї входять представники замовника, проектних і будівельних організацій, органів санітарного і пожежного нагляду. Робоча комісія перевіряє відповідність виконаних будівельно-монтажних робіт проектній документації, за результатами пробної експлуатації обладнання дає заключення щодо можливості пред'явлення об'єкта до прийому державною комісією.

Для пробної експлуатації водопроводу споруди та установки, які призначено для обробки води, промиваються і дезінфікуються згідно з відповідними вимогами. Водопровідна мережа випробовується на міцність і герметичність (заповнюється водою під тиском, який у два рази перевищує величину робочого тиску), а також виконується її попередня

промивка хлорною водою, потім чистою. Після чого відбираються проби на бактеріологічний та хімічний аналіз.

Після промивки та дезінфекції головних водопровідних споруд і мережі дозволяється пуск водопроводу і пробна експлуатація, яка триває не менше 48 год. У процесі пробної експлуатації виконуються лабораторні дослідження води для перевірки ефективності роботи водопровідних споруд.

Після позитивного висновку робочої комісії водопровід приймає до експлуатації **державна приймальна комісія**, до складу якої входять представники державного санітарного нагляду. Комісія знайомиться із затвердженим проектом водопроводу, експертним заключенням щодо проекту СЕС, перевіряє акт робочої комісії, встановлює відповідність збудованого об'єкта затвердженому проекту і готовність його до експлуатації та за відсутності недоробок і дефектів складає акт прийому до експлуатації всього об'єкта.

3.3 Санітарний нагляд за джерелами і спорудами водопостачання

За централізованого водопостачання санітарна служба виконує такі види робіт і заходів:

- виконує санітарне обстеження джерел водопостачання, різних водопровідних споруд і водопровідних станцій;
- здійснює систематичне спостереження за санітарним станом джерел водопостачання, включаючи лабораторний контроль за якістю води в них і дотримання встановленого санітарного режиму в межах зони санітарної охорони (ЗСО) водопроводу;
- періодично обстежує головні водопровідні споруди з метою контролю їх санітарного стану, правильності експлуатації та ведення лабораторного виробничого контролю за якістю води;
- узагальнює матеріали з ефективності очищення і знезараження води, контролює дотримання обслуговуючим персоналом санітарного мінімуму, а також наявність систематичного спостереження за його здоров'ям, включаючи обстеження на бактерієносії;
- здійснює систематичний нагляд за санітарним станом водопровідної мережі та споруд на ній, перевіряє дотримання санітарних правил при їх експлуатації, ремонті, промиванні, дезінфекції, а також проведення лабораторного виробничого контролю за якістю води;
- вивчає ступінь задоволення потреб населення у воді для питних і господарських потреб і вплив умов водопостачання на здоров'я та санітарні умови життя населення: узагальнення даних про якість води; збирання та аналіз даних про інфекційні захворювання, які поширюються водним шляхом, організація медичних оглядів на враженість населення

карієсом зубів, флюорозом та іншими захворюваннями, виникнення або попередження яких пов'язано з якістю води; участь у розслідуванні епідемічних спалахів; анкетне опитування населення про водокористування тощо;

– розробляє, пропонує і контролює проведення державними і господарськими органами заходів і поліпшення централізованою водопостачання населених пунктів; використання додаткових джерел водопостачання, розширення водопровідної мережі, введення або удосконалення очищення, знезараження, фторування або інших методів обробки води, заміна водорозбірних колонок більш сучасними, здійснення оздоровчих заходів у ЗСО.

За місцевого водопостачання діяльність санітарної служби включає:

– проведення обліку і паспортизації джерел водопостачання і споруд (колодязів) по забору і підйому з них води, періодичне санітарне обстеження та аналіз якості води;

– участь в організації і проведенні заходів з масової або епізодичної санації споруд місцевого водопостачання: ремонт обладнання, колодязів, їх очищення і хлорування, поліпшення санітарного стану території, яка оточує джерело тощо;

– організацію постійного або тимчасового хлорування води в колодязях і проведення контролю за його ефективністю;

– здійснення санітарного контролю за водокористуванням в організованих колективах (школи, дитячі садки, польові стани та ін.);

– нагляд за станом транспорту, який використовується для перевезення питної води;

– узагальнення даних щодо умов водопостачання в населених пунктах, вивчення впливу на стан здоров'я і санітарні умови життя населення, розробку оздоровчих заходів.

Санітарне обстеження джерел і споруд водопостачання. Представниками санітарної служби складається спеціальна карта (схема) санітарного обстеження джерел та споруд місцевого і центрального водопостачання на основі вимог, наведених у відповідних нормативних документах.

Існує поглиблене санітарне обстеження (для вибору місця забору води, визначення ЗСО тощо) і періодичне (для контролю за правильністю влаштування та експлуатації споруд місцевого і централізованого водопостачання). Санітарне обстеження включає: 1) санітарно-топографічне; 2) санітарно-технічне з відбором проб води; 3) санітарно-епідеміологічне.

Санітарно-топографічне обстеження поверхневих джерел водопостачання. Це візуальне, опитувальне і анамнестичне вивчення джерел водопостачання і навколишньої території, доповнене даними

лабораторних та інструментальних досліджень з подальшою характеристикою санітарної ситуації та гігієнічним заключенням про ступінь санітарної та епідемічної безпеки води на даний час та заплановану кількість і якість води. Основним завданням цього обстеження є виявлення існуючих або можливих джерел забруднень, оцінка їх санітарної та епідемічної небезпечності, визначення величин забруднення джерела водопостачання, а також обсягу і програми лабораторних досліджень, меж ЗСО тощо.

Санітарно-технічне обстеження поверхневих джерел водопостачання. Основна мета – вивчення відповідності влаштування та експлуатації джерел централізованого і місцевого водопостачання гігієнічним вимогам.

Санітарно-епідеміологічне обстеження поверхневих джерел водопостачання. Виконується з метою виявлення серед населення бактерієносіїв або осіб, які мають інфекційні захворювання. За наявності захворювань з'ясовується характер спалаху і результати епідеміологічного обстеження.

Санітарно-топографічне обстеження підземних джерел водопостачання. Починається з вивчення матеріалів про геологічну будову місцевості (глибина залягання водоносних горизонтів, характер порід). Особлива увага звертається на: 1) характер водовмісних порід; 2) ступінь водопроникності шарів, які перекривають водоносний горизонт; 3) розташування басейну живлення водоносного горизонту, який використовується.

Санітарно-технічне обстеження підземних джерел водопостачання. При цьому обстеженні звертається увага на правильність їх влаштування та експлуатації.

Санітарно-епідеміологічне обстеження підземних джерел водопостачання. Виконується це обстеження таким же чином, як і для поверхневих джерел водопостачання.

3.4 Дослідження джерел водопостачання та гігієнічна якості води

Відбір проб води. Відбір, зберігання та транспортування проб води для фізико-хімічного аналізу виконується відповідно до вимог стандарту 24481-80, для мікробіологічного аналізу – стандарту 198968-73. При відборі проб необхідно дотримуватися таких умов: 1) місце і час відбору проб повинні виключати елемент випадковості; 2) від відбору проби до її аналізу повинно минути мінімум часу, щоб у воді не відбулося помітних змін. Для повного санітарного аналізу необхідно відібрати 5 л води, для скороченого – 2 л, для бактеріологічних досліджень в обох випадках – 0,5 л.

Для фізико-хімічного аналізу використовується чистий вимитий скляний посуд, який три рази ополіскують досліджуваною водою. Для визначення срібла і фтору пробу води відбираються у поліетиленовий посуд. Посуд для бактеріологічного аналізу повинен бути стерилізованим (1 год за температури 160°C). Проби хлорованої водопровідної води для бактеріологічного аналізу відбираються у посуд, у який до стерилізації було внесено 10 мл 0,01 моль/дм³ розчину тіосульфату для зв'язування залишкового хлору. Стерилізація виконується в автоклаві.

При відборі проби з водопровідної мережі, водорозбірної колонки або свердловини спочатку обпалюється кран за допомогою спиртового факела з ватного тампона, змоченого спиртом. Вода спускається впродовж 10 хв і потім береться проба у стерильний посуд.

З глибини проба води відбирається батометром або за допомогою пляшки, прикріпленої до жердини, з якої на потрібній глибині висмикується пробка за допомогою шнура. При відборі проби для бактеріологічного аналізу батометр і скляна ємкість обпалюється. Пробу має супроводжувати документ, в якому означено місце відбору проби або її номер. Після цього якомога швидше проба направляється до лабораторії.

У супроводжувальному бланку вказується: 1) назва, розташування і адреса джерела водопостачання; 2) характеристика джерела водопостачання (тип, глибина, засоби підйому води, санітарний стан навколишньої території) або водопроводу; 3) стан погоди при відборі проби і впродовж 10 попередніх днів для відкритих водних об'єктів, окрім того, силу і напрямок вітру; 4) причина відбору проби води (планове дослідження, контроль після ремонту джерела водопостачання, скарги населення на запах води, спалах кишкових інфекцій та ін.); 5) необхідний обсяг досліджень (короткий або повний аналіз, визначення патогенних мікроорганізмів тощо); 6) дата і година відбору проби; 7) дані досліджень, виконаних біля джерела; 8) ким відібрано пробу (прізвище, посада) і підпис.

Починати бактеріологічний аналіз води необхідно не пізніше, як через 2 год після відбору проби (за температури від 1 до 8°C проба може зберігатися до 6 год). Якщо пробу води необхідно транспортувати в інший населений пункт, вона упаковується в ящик або корзину з прокладкою, в якій підтримується температура 1-5°C за допомогою гумових мішків, наповнених влітку льодом, а взимку теплою водою.

Одразу після доставки в лабораторію проби реєструються в журналі. Цього ж дня у першу чергу виконуються бактеріологічні посіви води, готуються проби для визначення БСК. Визначення окислюваності, вмісту амонійного і нітратного азоту, заліза, марганцю і розчиненого кисню бажано виконувати впродовж 4 год після відбору проби, алюмінію – впродовж 2 год. У разі неможливості виконання фізико-хімічних досліджень у день доставки воду можна зберігати в холодильнику до

48 год (слабко забруднену) і 72 год (чисту).

Більш точні дані отримуються за консервування води. З цією метою додається на 1 л проби для визначення: алюмінію – 5 мл концентрованої хлорводневої кислоти і свинцю; марганцю, срібла – 5 мл концентрованої азотної кислоти до рожевого забарвлення індикатору метилового рожевого; нітратів, амонію – 5 мл хлорводневої кислоти до слабкокислої реакції; нітратів – 2-4 мл хлороформу або 1 мл концентрованої сірчаної кислоти. Бактеріологічні посіви, органолептичні дослідження й підготовка проб для визначення БСК виконується обов'язково в день відбору проб, оскільки консервування води не припускається.

Лабораторні дослідження води. Програма досліджень води зумовлено завданням, яке стоїть перед санітарною службою, і може бути виконана за повною або скороченою схемою. Для вибору джерела централізованого господарсько-питного водопостачання дослідження води виконуються за схемою повного санітарного аналізу.

Для оцінки ефективності прояснення і знебарвлення води визначаються її мутність, прозорість, кольоровість, залишкові кількості коагулянтів і флокулянтів, для контролю за знезараженням – кількість сапрофітних бактерій в 1 мл (мікробне число) і кількість бактерій групи кишкової палички (БГКП), залишковий активний хлор.

Оцінка впливу водопровідної мережі на якість води здійснюється за такими показниками: запах, присмак, кольоровість, мутність, колі-титр або колі-індекс і мікробне число. Якщо труби виготовлено з синтетичних матеріалів, визначаються речовини, які можуть потрапити у воду з труб.

Якщо виявлено забруднення води у водопровідній мережі, то необхідно виконати повторний відбір проб з додатковими дослідженнями води на свіже фекальне забруднення. Воно встановлюється через наявність кишкових паличок, які мають здатність ферментувати лактозу до кислоти і газу за температури $43 \pm 0,5^\circ\text{C}$ у присутності інгібіторів сторонньої мікрофлори. Крім того, у відібраних пробах води визначається вміст амонійного, нітритного і нітратного азоту, хлоридів і БСК.

Якість питної води зумовлюється трьома групами показників:
А – показники, які характеризують органолептичні властивості води;
Б – хімічний склад води; В – епідемічну безпеку води.

Ці три групи показників відповідають загальним вимогам до питної води: 1) вода повинна бути прохолодною, мати добрі органолептичні властивості, тобто бути прозорою, безбарвною, без запаху і присмаку; 2) вода повинна бути придатною за своїм хімічним складом, тобто концентрації токсичних хімічних речовин не повинні перевищувати ГДК, а для деяких нетоксичних речовин (солі заліза, карбонати та ін.) допускаються концентрації, які не погіршують її органолептичних властивостей; 3) вода повинна бути безпечною в епідемічному відношенні, тобто не містити патогенних мікроорганізмів, яєць гельмінтів.

Показники, які характеризують органолептичні властивості води. З медичної позиції вони поділяються на дві групи: 1) які нормуються за інтенсивністю їх сприйняття; 2) які залежать від наявності у воді хімічних речовин.

До першої (основної) групи належить вісім органолептичних показників, які характеризують фізичні властивості води: 1) запах за температури 20°C та підігріву до 60°C, бал; 2) присмак за температури 20°C, бал; 3) кольоровість за платинокобальтовою шкалою, град; 4) прозорість за шкалою Снелена, см; 5) мутність за стандартною шкалою, мг/дм³; 6) кольоровість забарвленого стовпчика, см; 7) температура, °C; 8) домішки (питна вода не повинна містити видимих неозброєним оком водних організмів та інших речовин і мати на поверхні плівку).

Друга група поділяється на три підгрупи, або три класи. Перша – хімічні речовини, які зустрічаються в природних водах: сульфати, бікарбонати, карбонати, хлориди, залізо, сірководень, марганець та ін. Друга – хімічні речовини, які додаються в процесі обробки води: поліакриламід, алюміній, хлор, озон, триполіфосфат. Третя – речовини, які надходять у джерело водопостачання з промисловими, побутовими стічними водами і поверхневим стоком сільськогосподарських угідь, які обробляються хімічними речовинами.

Показники, які характеризують нешкідливість хімічного складу води. Ці показники поділяються на три групи: 1) показники, зумовлені наявністю хімічних речовин, які зустрічаються у природних водах, або показники, що характеризують природний склад води; 2) показники, які характеризують токсичність води внаслідок додавання реагентів у процесі обробки води; 3) показники, зумовлені наявністю хімічних речовин, які надходять у джерело водопостачання з різними видами стічних вод.

До першої групи належать такі показники, як сухий залишок, загальна твердість, активна реакція (рН), лужність, а також аніони та катіони; до другої – іонообмінні смоли, компоненти пластмас, арсен та ін.; до третьої – хімічні речовини.

Показники, які характеризують епідемічну безпечність води. Це такі дві підгрупи показників: 1) санітарно-мікробіологічні; 2) санітарно-хімічні. До санітарно-мікробіологічних показників належать мікробне число, колі-індекс, колі-титр, а до епідемічних показників – наявність патогенних бактерій та вірусів.

Санітарно-хімічні показники характеризують наявність органічних речовин або продуктів розкладання: окислюваність перманганатна, окислюваність біхроматна (ідентична хімічному споживанню кисню – ХСК), група азоту (азот амонійний, нітритний, нітратний), хлориди, БСК, розчинений кисень.

Гігієнічна оцінка якості води (або, як кажуть у санітарній практиці, «читання аналізу»). Складання заключення щодо якості води полягає у

виконанні таких етапів: 1) встановлення типу вимог до якості води; 2) визначення завдань, які стоять перед представником санітарної служби; 3) визначення необхідного обсягу досліджень залежно від поставленого завдання; 4) перевірка повноти наданих матеріалів; 5) оцінка даних санітарних обстежень; 6) оцінка результатів санітарних досліджень; 7) складання загального заключення.

Завдання представника санітарної служби, а також відповідний обсяг і програму досліджень викладено вище при характеристиці лабораторних досліджень води. Оцінка повноти наданих матеріалів передбачає перевірку всіх даних санітарного обстеження і лабораторного аналізу.

Заключення санітарних органів щодо даного джерела водопостачання повинно містити відомості про об'єкт водопостачання і його санітарну характеристику; про якість води джерела водопостачання і прогноз його стану на розрахунковий термін; про заходи щодо організації ЗСО і запланованої обробки води джерел водопостачання з метою доведення її якості до вимог стандарту питної води. Заключення зберігає свою силу впродовж року, можливість використання його повинна щорічно підтверджуватися.

Санітарний контроль за технологією очищення і знезараження води. Здійснюється він на очисних спорудах водозаборів шляхом систематичного лабораторного контролю (аналізу) доз коагулянту і флокулянту, відсотковою вмісту активною хлору, хлорної потреби води, вмісту залишкового хлору у водопровідній воді за відповідними методиками.

Питання для самоперевірки

1. Що називається зоною санітарної охорони? Які пояси Ви знаєте?
2. Перелічіть основні етапи санітарної експертизи проектів водопостачання.
3. Які види робіт і заходів виконує санітарна служба за централізованого та місцевого водопостачання?
4. Охарактеризуйте гігієнічне значення показників, що визначають якість води.
5. В чому полягає гігієнічна оцінка якості води?

4 СТІЧНІ ВОДИ ТА МЕТОДИ ЇХ ОЧИЩЕННЯ

4.1 Класифікація та характеристика стічних вод

Стічні води за походженням та характером забруднювальних речовин поділяються на побутові (господарсько-фекальні), виробничі (промислові) та атмосферні.

Побутові стічні води утворюються в житлових, адміністративних і комунальних будівлях, а також в побутових приміщеннях промислових підприємств. Це води від умивальників, раковин, ванн, унітазів, миття і так далі. Вони сильно забруднені мінеральними і органічними речовинами, містять багато бактерій, у тому числі і патогенних. Побутові води небезпечні в санітарному відношенні.

Виробничі (промислові) стічні води утворюються на промислових об'єктах в результаті технологічних процесів виробництва. Забруднені виробничі води за складом забруднювальних речовин і їх концентрацій дуже різноманітні, їхня забрудненість залежить від виду виробництва і технології виробництва.

Атмосферні стічні води утворюються в процесі випадання дощів і танення снігу та називаються дощовими або зливовими. За складом забруднювальних речовин вони можуть бути близькі до розведених побутових і виробничих стічних вод.

Виробничі стічні води, поділяють на дві категорії – **забруднені й незабруднені (умовно чисті)**. Крім того, забруднені стічні води залежно від вмісту домішок поділяються на три групи:

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

За ступенем мінералізації стічні води поділяються на три групи. До першої належать стічні води з мінералізацією до 3 кг/м^3 . Їх можна знесолювати іонним обміном. Стічні води другої групи мають мінералізацію $3\text{-}15 \text{ кг/м}^3$. Для знесолення таких вод використовуються мембранні засоби. До третьої групи належать стічні води з мінералізацією понад 15 кг/м^3 , знесолювати які доцільно термічними способами.

Виробничі стічні води за концентрацією органічних домішок поділяються на чотири категорії, (мг/дм^3): I – до 500; II – 500-5000;

III – 5000-30000; IV – понад 30000. За ступенем агресивності розрізняють неагресивні (рН=6,5-8,0) і слабкоагресивні (рН<6 та рН>9) стічні води. Вони можуть також різнитися за фізичними властивостями забруднювальних органічних речовин, температурою кипіння (менше 120, 120-250 і понад 250°C).

Незабруднені виробничі стічні води надходять з теплообмінних, холодильних і компресорних апаратів, утворюються у процесі охолодження продуктів виробництва і виробничого обладнання.

Забруднені стічні води утворюються на різних стадіях технологічного процесу. Залежно від цього розрізняються:

- Виробничі води, що утворюються в технологічних операціях, часто забруднені усіма речовинами, які використовуються в технологічних процесах певного виробництва. Інколи частина цих вод буває слабкозабрудненою, і вони належать до умовно чистих;

- Води з допоміжних операцій і процесів. Це здебільшого охолоджувальні води, які зазвичай не забруднені і мають підвищену температуру;

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

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

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

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

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

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

4.2 Загальноміські очисні споруди

Стічні води, що є сумішшю промислових, господарсько-побутових та частково атмосферних (злизових і талих), через зовнішню каналізацію потрапляють на загальноміські очисні споруди (рис. 4.1), до складу яких входять блоки механічного і біологічного очищення, доочищення, знезараження та оброблення осаду.

У процесі *механічного очищення* зі стічних вод видаляються великі включення, завислі й плаваючі домішки. Для цього застосовуються способи, що ґрунтуються на використанні гравітаційних і відцентрових сил, а також проціджування і фільтрування. До складу блоків механічного очищення входять решітки, пісковловлювачі, преаератори і первинні відстійники.

За допомогою решіток відокремлюються великі включення, які за потреби подрібнюються на дробарках. Досить великі включення вивозяться на полігони побутових відходів. У місткостях пісковловлювачів завдяки зменшенню швидкості потоку стоків осаджуються завислі речовини, 40-60% із яких – дрібні механічні домішки (переважно пісок). Із пісковловлювачів осад потрапляє на піщані майданчики, з яких після висихання він може використовуватися в будівельних планувальних та інших цілях.

У преаераторах стічні води зазнають первинне насичення киснем. Бульбашки повітря сприяють флотаційному відокремленню 60-80% емульгованих домішок нафтопродуктів, жирів та інших плаваючих домішок у первинних відстійниках. Останні називаються нафтовловлювачами. Вловлені домішки знімаються із поверхні стічної води спеціальними шкребками, збираються у бочки і відправляються для спалювання або на регенерацію.

Вода, очищена від механічних великодисперсних емульгованих домішок, із первинних відстійників надходить на *біологічне (біохімічне) очищення*. Останнє зазвичай виконується в аеротенках, де вилучаються органічні домішки, що є живильним середовищем для мікроорганізмів активного мулу, вміст якого в очищених стічних водах становить 2 г/дм^3 (за сухою речовиною). Для інтенсифікації біохімічного розкладання органічних сполук в аеротенк постійно нагнітається стиснене повітря. Вода з температурою $5-40^\circ\text{C}$ перебуває в аеротенках упродовж 18-20 год. Ступінь вилучення органічних домішок при цьому досягає 90%.

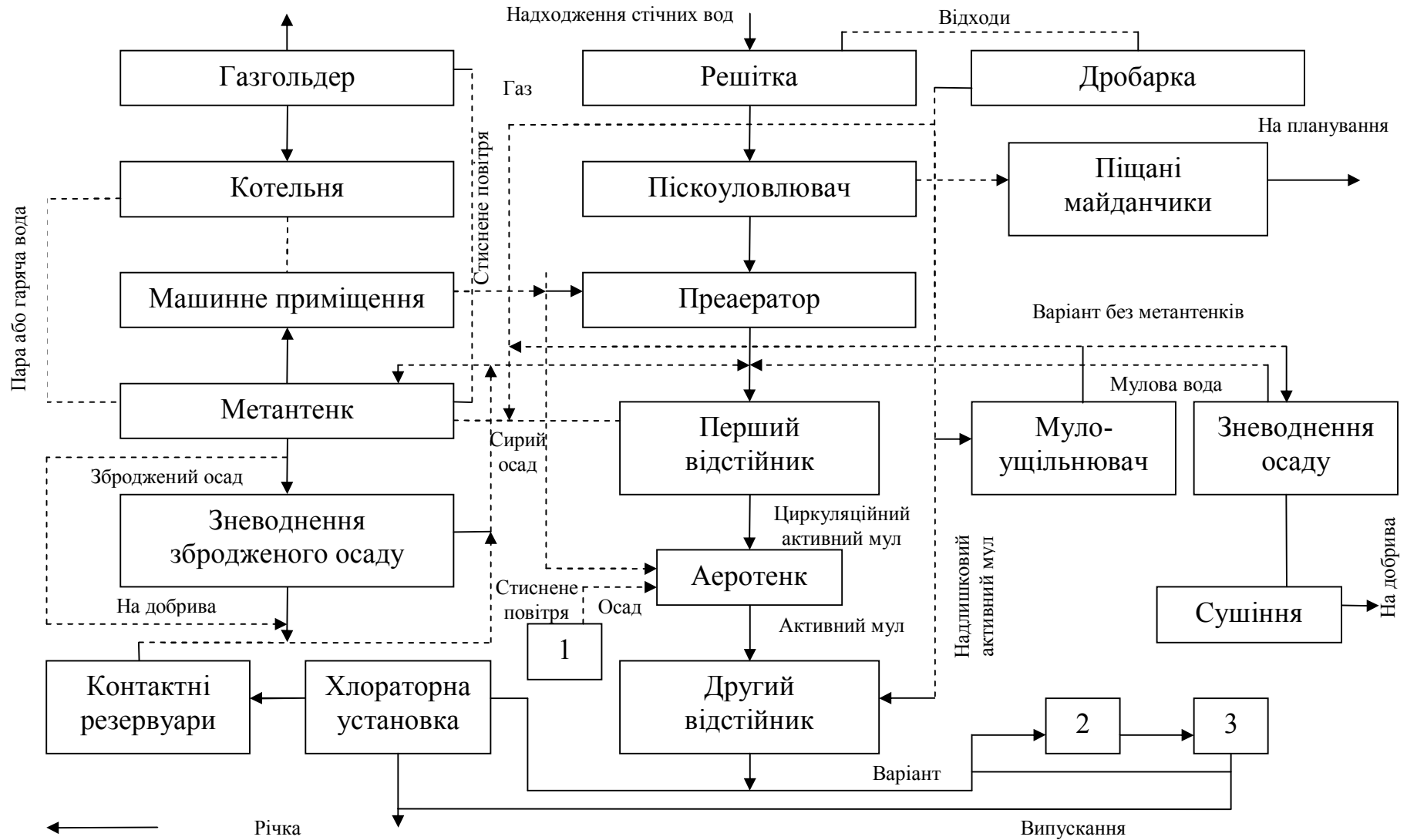


Рис. 4.1 – Схема повного біологічного очищення міських стічних вод в аеротенках

Із аеротенків стічна вода подається у вторинні відстійники, де осідає активний мул. Одночасно можуть частково (10-60%) видалитися важкі метали на часточках активного мулу. Очищена стічна вода після вторинних відстійників знезаражується хлоруванням або озонуванням. Унаслідок дегазації в каналах, по яких вода тече у водойми, відокремлюється залишковий хлор.

У процесі біологічного очищення утворюється велика кількість осаду, що є відмерлим або надлишковим активним мулом. Вологість такого мулу становить 97-98%, і він погано зневоднюється. Зневоднення здійснюється обробленням мулу в метантенках або аеробних стабілізаторах з подальшим відокремленням твердої фракції в центрифугах, гідроциклонах, вакуум-фільтрах або фільтрпресах. Потім відокремлений осад висушується на мулових майданчиках.

За температури 33-53°C в метантенках відбувається метанове зброджування мулу. При цьому його вологість становить 92-97%. В процесі зброджування виділяється газ із вмістом метану до 64%, що має теплотворну здатність 21 МДж/м³. Із 1 кг осаду утворюється близько 1 м³ газу. Одержаний газ спалюється у котельнях біологічного очищення або використовується з іншою метою. В аеробних стабілізаторах – звичайних аеротенках активний мул продувається повітрям упродовж кількох діб. Витрата повітря становить близько 2 м³/год на 1 м³ місткості стабілізатора. Вологість мулу при цьому зменшується на 2-3%.

Під час механічного зневоднення об'єм осадів зменшується в 15-20 разів і вологість становить 65-70%. Остаточне висушування осаду відбувається на мулових майданчиках – ділянках площею 0,25-2 га, обвалованих дамбами заввишки до 1 м. У процесі висушування впродовж кількох місяців осад компостується (перегниває) і його можна використати (за відсутності важких металів) як органічне добриво.

У разі неповного очищення стічних вод, коли їхня якість не задовольняє санітарним вимогам до скиду у водні об'єкти або коли ці води необхідно використовувати для технічного водозабезпечення, організовується їх доочищення. Для цього застосовуються фільтри із зернистим завантаженням, флотація, коагуляція і флокуляція, сорбція та інші спеціальні способи водопідготовки, пов'язані з видаленням сполук фтору, кремнію, фосфору, азоту тощо. З метою надання очищеним стічним водам якості природної води їх доочищення може здійснюватися у каскаді біологічних ставків, спорудах на зразок біоплато, полях зрошення та фільтрації.

4.3 Механічні методи очищення стічних вод

Стічні води нерідко можуть різко відрізнятися за своїм складом, кількістю й температурою. У низці випадків великі концентрації

забруднювальних речовин стічних вод виявляються токсичними для водойми або руйнують труби каналізації. У той самий час малі концентрації цих забруднювальних речовин є не шкідливими для водойм і безпечними для каналізаційної мережі.

Усереднення концентрації забруднювальних речовин дозволяє поліпшити процес очищення, а в окремих випадках навіть обійтися без спеціальних споруд для очищення стічних вод. Вирівнювання складу стічних вод відбувається в спеціальних спорудах-усереднювачах (ставки-усереднювачі, резервуари-усереднювачі), де змішуються промислові води з різними концентраціями забруднювальних 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 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 місткості та розміри усереднювачів визначаються на основі даних про коливання концентрації забруднювальних речовин у стічних водах і потрібного ступеня концентрації. У разі достатньої циклічності зміни складу стічних вод розрахунки значно спрощуються.

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

Ґрати, піскоуловлювачі, сита. Ці споруди забезпечують попереднє очищення стічних вод. Ґрати використовуються для затримання найбільш великих плаваючих відходів (вовна, обрізки дерева), які можуть перешкодити відокремленню шламу та його обробці, утруднити перекачування стічних вод. Піскоуловлювачі призначено для вивільнення від важких завислих мінеральних речовин кварцового піску, сажі, наждаку. Піскоуловлювачі відокремлюють пісок та ґравій від більш легких осадів. Це дуже важливо, оскільки пісок забиває насоси та трубопроводи, збільшує загальну масу органічного осаду мінеральним баластом, утруднює його вилучення з відстійників. Сита використовуються для відокремлення на місці утворення стічних вод дрібних завислих речовин, які можуть бути повторно використані та вилучені. Тут відбувається попереднє очищення стічних вод.

Фільтри використовуються в основному для відокремлення високодисперсних нерозчинних забруднювальних речовин. Основною метою їх застосування є вилучення волокнистих матеріалів із стічних вод текстильної, паперової та целюлозної промисловості. Фільтри працюють за принципом сітчастих барабанів, робоче полотно яких – це стрічка, яка рухається разом з ними. Використовуються також фільтри з коксу,

кварцового піску, шлаку тощо, а також металевих сіток і різних тканин. Фільтри встановлюються після відстійників.

Відстійники. У грубодисперсному стані в стічних водах перебувають найрізноманітніші речовини (вугільний пил, волокно деревини, жири, нафта). Відповідно до питомої ваги їх можна поділити на дві групи: речовини, які спливають (питома вага менше 1), та ті, які тонуть (питома вага більше 1). Вилучення першої групи речовин відбувається в нафтоуловлювачах, жируловлювачах, другої – із стічної рідини у результаті осадження у відстійниках.

Флотаційні установки використовуються у випадках, коли нерозчинені речовини в стічній рідині практично не відстоюються. Ці речовини зкаламучуються у воді, приєднуються до повітряних бульбашок і виносяться ними на поверхню води, де утворюється пінистий шар, який і вилучається. Флотація надає можливість повертати у виробництво цінні речовини. При цьому у воду додаються спеціальні речовини-піноутворювачі, які знижують поверхневий натяг води. Це сприяє більш сильному притягінню бульбашок повітря до завислих домішок.

4.4 Хімічні методи очищення стічних вод

Основними методами хімічного очищення стічних вод є нейтралізація та окислення. Для хімічного очищення виробничих стічних вод у даний час використовуються різноманітні реагенти. Найбільше застосування мають: окислювачі – хлор, перманганат калію, озон; підлугуючі речовини – вапно, гідроксид натрію, сода; підкислюючі речовини – сірчана та соляна кислота.

Окислення речовин, що забруднюють стічні води, застосовується в тих випадках, коли ці речовини недоцільно вилучати зі стічних вод через малу концентрацію або коли наявні речовини токсичні та їх руйнування (окислення) є необхідним для зниження небезпеки для довкілля. До таких речовин належать, наприклад, ціаністі сполуки, що утворюються в гальванічних цехах на машинобудівних підприємствах, сульфідні сполуки, що утворюються на шкіряних заводах.

Для очищення стічних вод від ціаністих сполук застосовується окислення ціан-іона CN^- до безпечного ціанату CNO^- або токсичні сполуки переводяться в нетоксичний комплекс або осад (у вигляді нерозчинених ціанідів), що видаляється зі стічних вод відстоюванням або фільтруванням.

Для очищення стічних вод від токсичних сульфідів застосовується метод окислення; в якості окислювачів використовується не тільки кисень повітря, але й озон, хлор, продукти електролізу, що виділяються на електродах, та інші окислювачі.

При **електролізі** відбуваються два процеси: анодне окислення та катодне відновлення. На аноді, вивіреному з матеріалів, що піддаються

електролітичному розчиненню (платина, графіт), виділяється кисень і галогени та окислюються деякі наявні у воді відновники. На катоді (сталь) відбувається виділення газоподібного водню та відновлення деяких окисників. Недоліки метода – витрати електроенергії, необхідність очищення поверхні електродів.

Електрохімічна обробка виробничих стічних вод застосовується або з метою руйнування шкідливих речовин, що містяться в них, шляхом їх електрохімічного окислення на аноді, або з метою вилучення катіонів металів та інших речовин, що містяться в оброблених розчинах, шляхом відновлення на катоді.

Застосування **озону** для обробки виробничих стічних вод обумовлено необхідністю виконання глибокого очищення стічних вод з метою їхнього повторного використання.

Висока реакційна здатність озону вступати у взаємодію з більшістю мінеральних та органічних сполук, сильна окислювальна дія, можливість одержання його на станції із кисню повітря обумовлюють перспективність застосування озону в якості реагенту. Окрім того, озонування не призводить до збільшення солемісту очищеної води. Це важливо при повторному використанні води для технологічних потреб.

Окислювальна дія озону пояснюється високою реакційною здатністю легковідчеплюваного атому кисню. Під дією озону майже всі метали переходять в оксиди.

В процесі обробки стічної води озон, що подається в реактор у вигляді озono-повітряної суміші, диспергованої на дрібні бульбашки, вступає в хімічні реакції. Озонування є процесом абсорбції, ускладненим хімічною реакцією в рідкій фазі.

Озон як окислювальний агент ефективний для обробки води, що містить феноли, ціаніди, тетраетилсвинець, нафту, неіоногенні та аніонактивні ПАР, сульфіді.

Виробничі стічні води багатьох галузей виробництва містять кислоти та луги. Інтенсивність кислотної або лужної реакції води визначається показником концентрації водневих іонів – значенням рН. Для попередження корозії матеріалів каналізаційних споруд та порушення біохімічних процесів, що відбуваються в очисних спорудах та у водоймах, такі води піддаються **нейтралізації**.

Реакція нейтралізації – це хімічна реакція між речовиною, що виявляє властивості кислоти, та речовиною, що виявляє властивості лугу, яка призводить до втрати характерних властивостей обох сполук: $H^+ + OH^- = H_2O$. В результаті концентрація кожного з цих іонів стає такою, яка властива самій воді (близько 10^{-7}), тобто активна реакція водного середовища наближається до рН 7. Нейтралізація нерідко виконується також з метою осадження із стічних вод солей важких металів.

Доцільно враховувати можливість взаємної нейтралізації кислот та

лугів, що скидаються зі стічними водами, а також лужний резерв побутових стічних вод та нейтралізуючу властивість води водойм. Практично нейтральною прийнято вважати суміш з рН в межах 6,5-8,5, тому стічні води, рН яких нижче 6,5 або вище 8,5, перед відведенням в міську каналізацію або водойму підлягають нейтралізації.

При хімічному очищенні застосовуються декілька способів нейтралізації: взаємна нейтралізація кислих та лужних стічних вод, нейтралізація реагентами, нейтралізація кислих стічних вод фільтрацією крізь нейтралізуючі матеріали, нейтралізація кислими газами.

4.5 Фізико-хімічні методи очищення стічних вод

Кристалізація. Метод ґрунтується на використанні залежності розчинності речовин від температури. При зміні температури можна одержати перенасичені розчини, з яких випадають кристали речовин. Цей метод використовується для виділення з рідини кристалів домішок. В економічному відношенні цей метод придатний лише для очищення невеликих кількостей концентрованих стічних вод.

Процес кристалізації може бути прискорений за рахунок перемішування і охолодження стічної рідини. Кристалізація здійснюється в кристалізаторах періодичної дії з натуральним і штучним охолодженням, у кристалізаторах безперервної дії та у випаровувачах.

Евапорація (відгонка з водяною парою). Очищення стічних вод шляхом евапорації полягає у відгонці летких з водяною парою забруднювальних органічних речовин, наприклад, фенолів.

Евапорація відбувається або в апаратах періодичної дії, або ж в апаратах безперервної дії (скруберах). Стічна рідина протікає крізь колонку з насадкою назустріч парі, нагріваючись до 100°C. При цьому леткі домішки частково переходять у пару, розподіляючись між нею і водою. Пара, яка пройшла евапораційну колонку, надходить до скрубера, де звільняється від захоплених забруднювальних речовин.

Екстракція. Екстракційний метод очищення полягає в обробці стічних вод певним розчинником, що не змішується з водою (екстрагентом), в якому забруднювальні домішки достатньо добре розчинні. Метод ґрунтується на законі розподілу.

Домішки, які усуваються в результаті екстракційного очищення, як правило, є органічними речовинами (анілін, фенол, оцтова кислота), оскільки в основному лише вони краще розчиняються в екстрагентах, ніж у воді. Екстрагування мінеральних домішок стічних вод здійснюється у порівняно рідких випадках.

Як екстрагенти найчастіше використовуються органічні розчинники (бензол, чотирихлористий вуглець, мінеральні мастила тощо).

Аерація забезпечує або ж десорбцію розчинених летких домішок

(перехід у газову фазу), або ж окислення домішок і переведення їх у стан, який є сприятливим для вилучення з води.

Процес дегазації стічних вод підпорядковано тим самим законам, що й дегазія природної води, яка використовується для питних цілей. Але в стічних водах, як у більш складних системах, ніж природні води, процес дегазації може ускладнюватися низкою факторів; найбільш важливі серед них – наявність поверхневих плівок (нафтові, масляні) і домішок, що адсорбують гази.

Сорбція. Процеси сорбції застосовуються при очищенні промислових стічних вод. При цьому розрізняється сорбція в статичних умовах, яка здійснюється уведенням подрібненого сорбенту у стічну рідину. Є також сорбція в динамічних умовах, яка здійснюється фільтруванням води крізь шар сорбенту (вугілля, торф, каолін, стружка тощо).

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

4.6 Біологічні методи очищення стічних вод

Процес самоочищення водних об'єктів, які забруднюються, у природних умовах відбувається повільно. Виключенням з цього є гірські річки, в яких швидкість течії є великою, що сприяє аерації води.

Дещо швидше, ніж у природних умовах, очищаються стічні води на спорудах, які відтворюють хід процесу самоочищення в ґрунтових умовах або водному середовищі – полях зрошення, полях фільтрації, біологічних ставках і особливо контактних фільтрах, крапельних біофільтрах, перколяторах, аеротенках тощо. Показники окисної здатності на спорудах так званого біологічного очищення значно вищі, ніж на спорудах природного біологічного очищення.

Поля зрошення – спеціально підготовані ділянки, призначені для очищення стічних. Водночас з очищенням вод вони використовуються для вирощування кормових сільськогосподарських культур або трав.

Поля фільтрації – спеціально підготовані ділянки, призначені лише для біологічного очищення.

Очищення стічних вод на полях зрошення і полях фільтрації відбувається в процесі фільтрації води крізь шар ґрунту. Внаслідок адсорбції вода залишає в ньому завислі та колоїдні речовини, які разом із бактеріями обволікають частинки ґрунту і утворюють біологічну плівку. Ця плівка адсорбує на своїй поверхні колоїдні та розчинені речовини стічних вод, і повітря, використовуючи проникаючий у пори кисень, окислює органічні забруднювальні речовини, які перетворюються на мінеральні сполуки (нітрити і нітрати). Через те, що атмосферне повітря

інтенсивно проникає в пори ґрунту на глибину 0,2-0,4 м, саме в цьому шарі відбуваються окислювальні процеси. Глибше процес окислення протікає повільніше. Практично активний шар ґрунту, в якому відбуваються процеси очищення стічних вод, досягає 1,5 м.

Найбільші поля зрошення – площею 24 тис. га – розташовуються під Києвом (Бортницькі), вони з'явилися в 1894 р. Для зрошення сільськогосподарських угідь очищені стічні води Києва подаються напірними трубопроводами до дощувальних машин. Подібні поля існують й в Одесі, вони були побудовані в 1887 р.

Біологічні ставки – це неглибокі земляні резервуари (глибиною 0,5-1,5 м), в яких відбуваються ті самі процеси, що і при самоочищенні водотоків і водойм. Цей метод полягає в розташуванні ставків кількома секціями (від двох до п'яти ставків у кожній); вода надходить у них послідовно в міру її очищення. Біологічні ставки працюють при температурі не нижче 6°C.

Біологічні фільтри – це резервуари, в яких біологічне очищення стічних вод відбувається при її фільтрації крізь крупнозернистий матеріал (гравій, керамзит, крупнозернистий пісок, шлак та ін.). Поверхня зерен цього матеріалу вкрита біологічною плівкою, заселеною аеробними мікроорганізмами. Сутність біологічного очищення стічних вод на біофільтрах не відрізняється від процесу очищення на полях зрошення або фільтрації, проте біохімічне окислення відбувається значно інтенсивніше.

Інтенсифікація процесів біологічного очищення призводить не тільки до збільшення їх окисної здатності, але й до значного зменшення площі, яку займають ці споруди. Так, за об'ємів стічних вод 5000 м³/д площа, яку займають поля зрошення, становить 150-200 га, поля фільтрації – 30-50 га, біологічні фільтри – 2-3 га, аеротенки – 1 га. Незначна площа останніх двох споруд може бути ще зменшена за збільшення подавання кисню і створення певних умов для працюючих специфічних біоценозів.

Міські стічні води практично можна очищати до якості чистої річкової води. Інколи суттєво утруднюється процес біологічного очищення через надходження в стічну рідину синтетичних миючих засобів, які широко використовуються населенням. Але тільки через це забороняти їх використання недоцільно. Необхідно виробляти такі миючі засоби, які б задовольняли побутові вимоги й суттєво не порушували процес біологічного очищення.

Біологічні методи очищення стічних вод полягають у розкладанні і мінералізації аеробним або анаеробним шляхом колоїдних і розчинених органічних речовин міських стічних вод, які не можна вилучити механічним шляхом. Найкращою умовою біологічного очищення стічних вод було б повне відокремлення мінеральних сполук від органічних. На жаль, це технічно не можливо. Тому на практиці обмежуються відокремленням великих за розмірами домішок міських стічних вод на

гратах, великодисперсних домішок неорганічного походження – у піскоуловлювачах і основної кількості завислих речовин – у відстійниках. Після цього стічна рідина надходить на споруди біологічного очищення. Тверда фаза органічних речовин розкладається анаеробним шляхом, а рідина – аеробним.

Питання для самоперевірки

1. Які води належать до категорії стічних? Яким чином вони поділяються?
2. Охарактеризуйте склад загальноміських очисних споруд.
3. Які методи очищення стічних вод Вам відомі?
4. В чому полягає сутність методу механічного очищення стічних вод?
5. Які основні методи хімічного очищення стічних вод Ви знаєте?
6. Перелічіть основні методи фізико-хімічного очищення стічних вод?
7. В чому полягає сутність біологічного очищення стічних вод? Наведіть приклади біологічного очищення у природних умовах.

5 ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД І САНІТАРНИЙ НАГЛЯД ЗА ЕФЕКТИВНІСТЮ ОЧИЩЕННЯ

5.1 Розміщення очисних споруд

При проектуванні очисних споруд одним з перших постає питання визначення площі, необхідної для будівництва очисної станції. Площа, яка відводиться під споруди очисної станції, складається з корисної та резервної. **Корисною** називається площа, яку займають власне очисні споруди, а також допоміжні споруди (насосні та компресорні станції, майстерні, адміністративні споруди). **Резервна** площа – це частина земельної ділянки, яка призначена під будівництво додаткових споруд у разі збільшення продуктивності очисної станції. Резервна площа становить у середньому 20-30% корисної.

Санітарно-захисні зони очисних станцій оцінюються з погляду достатності розривів (відстані) між ними і житловою забудовою, а також між ними і водозабірними спорудами підземних вод.

Величина СЗЗ очисної станції встановлюється відносно тієї споруди, для якої необхідний найбільший розрив. За наявності поблизу очисних

станцій місцевих споруд для забору ґрунтових вод мінімальні санітарні розриви встановлюються в кожному конкретному випадку.

Майданчик для будівництва очисних споруд, як правило, повинен розташовуватися з підвітряного боку переважаючих вітрів теплого періоду року і нижче населеного пункту за течією річки. Скидання стічних вод у межах населеного пункту забороняється.

Визначити умови випуску стічних вод означає розрахувати допустимий ступінь їх забруднення, за якого вони можуть бути спущені у водойму. При цьому обов'язково має зберігатися якість води у створі, який розташований на 1 км вище найближчого пункту водокористування, у межах вимог, встановлених «Санітарними правилами і нормами охорони поверхневих вод від забруднення».

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

Забороняється випускати стічні води, які містять: а) виробничу сировину, реагенти, напівпродукт і кінцеві продукти виробництва у кількостях, що перевищують встановлені нормативи технологічних втрат; б) речовини, для яких не встановлено ГДК; в) радіоактивні речовини; г) технологічні відходи. Якщо неможливо відмовитися від випуску стічних вод у водойму, необхідно шляхом розрахунку у кожному конкретному випадку визначити умови випуску, які б гарантували охорону водного об'єкта від забруднення.

Забруднення водойми стічними водами – це зміна якості води вище пункту водокористування на 1 км, яке не відповідає вимогам СанПіН до якості води водойми. Оскільки ступінь обмеження водокористування визначається якістю води у водоймі, то у СанПіН нормуються показники не складу стічних вод, які скидаються, а якості води водних об'єктів у створі, який розташований на 1 км вище пункту водокористування, а для непроточних водойм – на 1 км в обидва боки від пункту водокористування.

Нормативи складу і властивостей води водойми встановлюються залежно від характеру використання водних об'єктів для господарських потреб.

Водні об'єкти або їхні ділянки поділяються на дві основні категорії водокористування: **перша категорія** – використання водойми для централізованого або нецентралізованого господарсько-питного водопостачання, а також для водопостачання підприємств харчової

промисловості; *друга категорія* – використання водного об'єкта для купання, спорту та відпочинку населення. До водойм, які розташовані у межах населеного пункту, висуваються такі ж вимоги, як і до водойм другої категорії.

Категорія водокористування визначається виключно установами санітарно-епідеміологічної служби. СанПіН дозволяють випуск стічних вод лише у тому випадку, якщо вони при змішуванні та розведенні з водою водойми: а) не впливають на фізичні властивості та органолептичні показники якості води; б) не збільшують понад допустимі межі мінеральний склад води; в) не порушують у водоймі процеси самоочищення; г) не вносять у водойму патогенні мікроорганізми або шкідливі речовини в концентраціях, які є токсичними для населення, що використовує воду для пиття.

Ці гігієнічні вимоги ставляться лише до якості води водних об'єктів, які використовуються для господарсько-питного водопостачання та відпочинку населення (першої та другої категорії).

Вимоги СанПіН поширюються на:

а) існуючі скиди всіх видів виробничих і господарсько-побутових стічних вод населених пунктів, окремих житлових будинків і громадських споруд, комунальних, лікувально-профілактичних, транспортних, сільськогосподарських об'єктів, промислових підприємств, в тому числі шахтних вод, скидних вод від водяного охолодження, нафтовидобування, скидання вод із сільгоспугідь та ін.;

б) усі заплановані скиди стічних вод підприємств, що будуються, реконструюються, або ж на яких змінюється технологія виробництва; всі заплановані скиди стічних вод каналізації населених пунктів і окремих об'єктів;

в) скиди зливової каналізації.

5.2 Санітарна експертиза проектів каналізації та основних очисних споруд

Санітарна експертиза проектів каналізації. Для цього передбачено проведення такі видів робіт.

1. *Ознайомлення з офіційними нормативними документами.* На їх основі та відповідно до них здійснюється експертиза проектів санітарної охорони водних об'єктів.

2. *Перевірка повноти наданих матеріалів.* Згідно з СНиП 1.02.01-85 проекти будівництва, відновлення й реконструкції каналізаційних споруд, які подаються для узгодження – повинні містити загальну пояснювальну записку, графічний матеріал, додатки і документи про затвердження схем планування території, яка каналізується.

Обов'язковою складовою частиною проекту повинен бути розділ «Заходи з охорони навколишнього середовища».

3. **Ознайомлення з паспортними даними проекту** (назва, стадія проектування, організація-розробник, рік розробки).

4. **Експертиза матеріалів проекту.** На основі аналізу матеріалів пояснювальної записки, в яких наведено обґрунтування необхідності будівництва, охарактеризовано місцеві умови і стандартна ситуація в населеному пункті та водному об'єкті, в який скидаються стічні води, заходи з охорони навколишнього середовища, представники санітарної служби оцінюють запропоновані проектантами схеми й системи каналізації.

Оцінка схеми і системи каналізації. На основі перелічених матеріалів визначається схема (централізована, децентралізована, змішана, часткова) і система (загальносплавна, повна роздільна, неповна роздільна, комбінована, напівроздільна) каналізації, яку необхідно збудувати у населеному пункті.

З усіх варіантів найбільш привабливою з гігієнічного погляду є централізована схема каналізації, оскільки в цьому разі буде зібрано всі стічні води, відведено їх за межі населеного пункту і знезаражено на очисних спорудах. Полегшується санітарний нагляд за процесом усунення з населеного пункту стічних вод і за роботою очисних споруд.

Важливою характеристикою є ступінь охоплення населеного пункту каналізацією. Він визначається як відношення довжини каналізаційної мережі до довжини водопровідної або як відношення об'єму води, що подається водопроводом, до об'єму стічних вод, який буде відводитися. Це співвідношення є задовільним за величин від 0,6 до 1,0 причому чим вищим є показник, тим більшою мірою населений пункт охоплено каналізацією.

Вибір тієї або іншої системи каналізації залежить від низки факторів. З санітарного погляду більш ефективною є загальносплавна система каналізації за умови глибокого очищення всіх стічних вод, які надходять на очисні споруди. За повної та неповної роздільної, а також комбінованої систем каналізації необхідно старанно перевіряти умови випуску і очищення дощових і промислових стічних вод.

Перевірка розрахунків кількості стічних вод населеного пункту та їхнього складу. Мета цього виду робіт полягає в тому, щоб урахувати всі об'єкти централізованого водопостачання при розрахунку кількості стічних вод.

Перевірка розрахунків умов скидання стічних вод у водні об'єкти і визначення необхідного ступеня очищення стічних вод. Цей етап експертизи здійснюється згідно з методикою визначення умов випуску стічних вод у водні об'єкти.

Оцінка принципових схем очищення стічних вод є найбільш важливим етапом експертизи, оскільки від цього буде залежати ефективність роботи, надійність експлуатації очисних споруд і охорона навколишнього середовища. Основним критерієм є об'єм стічних вод. За ним виділяється три групи очисних споруд. *Перша* – споруди, використання яких доцільне за продуктивності очисних станцій понад 10000 м³/д. Використовується у селищах міського типу і містах, *друга* – від 25 до 10000 м³/д (малі очисні споруди), *третья* – до 25 м³/д (місцеві очисні споруди).

Необхідно уважно підходить до вирішення 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 низку важливих господарських задач: 1) зменшити забір природних вод на зрошення сільгоспугідь; 2) раціональніше використовувати водні ресурси у народному господарстві; 3) виключати безпосереднє скидання очищених і неочищених стічних вод у водний об'єкт; 4) сприяти отриманню високих урожаїв сільгоспкультур; 5) підвищувати родючість ґрунту; 6) поліпшувати кормову і поживну цінність вирощуваної продукції за рахунок збільшення вмісту вуглеводів, протеїну, азоту, фосфору, калію.

На очисних спорудах повинні надійно знезаражуватися й утилізуватися осади стічних вод з відстійників. Надійне знезараження осадів досягається при застосуванні не одного, а декількох методів. Так, анаеробна стабілізація забезпечує стійкий ефект дегельмінтизації, якщо зброджування відбувається у термофільних умовах. Після аеробної стабілізації осад необхідно прогріти до 60°C або застосувати метод компостування.

Оцінка влаштування каналізаційної мережі. Перш за все необхідно оцінити, у якій мірі забезпечений захист водопровідної мережі від можливого впливу на неї каналізаційних вод.

Якщо відведення стічних вод з території населеного пункту буде здійснюватися за допомогою насосних станцій перекачування, необхідно з'ясувати: 1) їх розміщення на плані населеного пункту з урахуванням рози вітрів; 2) наявність і розмір санітарного розриву; 3) улаштування й використання СЗЗ; 4) розмір і благоустрій ділянки; 5) об'єм резервуара для накопичення стічних вод, його відповідність погодинним витратам стічних вод, а також відповідність продуктивності насосів надходженню стічних вод (за графіками припливу і відкачування стічних вод); 6) наявність резервних насосів (на два робочих насоси необхідно мати один резервний); 7) метод знезараження або ліквідації відходів, затриманих на ґратах (подрібнення й подальше надходження в стічні води, вивезення на звалища, компостування на місці); 8) санітарно-технічне обладнання приміщень (інтенсивність вентиляції, наявність допоміжних приміщень

тощо); 9) наявність аварійних випусків; 10) наявність аварійного енергоживлення насосів.

Санітарна експертиза проектів основних очисних споруд очисної станції. Початковим елементом технологічної схеми очищення стічних вод є ґрати. У складі очисних споруд передбачаються ґрати з поздовжніми отворами не більше 16 мм або ґрати-дробильні. За такої величини отворів кількість відходів, які будуть затримуватися на ґратах, становитиме на рік 8 дм^3 на 1 людину. Якщо добова кількість затримуваних відходів не перевищує $0,1 \text{ м}^3$, то допускається ручне очищення і вивіз відходів у герметичних контейнерах у місця знезараження твердих побутових і промислових відходів. В інших випадках повинна передбачатися механізоване очищення і подрібнення відходів.

Піскоуловлювачі влаштовуються за продуктивності очисних споруд понад $100 \text{ м}^3/\text{д}$. Піскоуловлювачів повинно бути не менше двох. Тип піскоуловлювача залежить від продуктивності станції. За продуктивності до $5000 \text{ м}^3/\text{д}$ доцільно застосовувати тангенціальні піскоуловлювачі, понад $10000 \text{ м}^3/\text{д}$ – горизонтальні, понад $20000 \text{ м}^3/\text{д}$ – аеровані. Розрахунок їхніх основних параметрів виконується на основі гідравлічної крупності піску.

Тип відстійників зумовлюється продуктивністю очисної станції. За продуктивності до $25 \text{ м}^3/\text{д}$ для механічного очищення стічних вод, які потім надходять на поля підземної фільтрації, у піщано-гравійні фільтри, фільтруючі траншеї та фільтруючі колодязі, необхідно застосовувати септики: до $10000 \text{ м}^3/\text{д}$ – двохярусні і $20000 \text{ м}^3/\text{д}$ – вертикальні, понад $20000 \text{ м}^3/\text{д}$ – радіальні відстійники. Повний розрахунковий об'єм септика береться: за витрати стічних вод до $5 \text{ м}^3/\text{д}$ – не менше трикратного добового припливу, за витрати понад $5 \text{ м}^3/\text{д}$ – не менше 2,5-кратного. Розрахунок продуктивності відстійників, окрім вторинних, виконується за кінетикою випадання завислих речовин, яке залежить від гідравлічної крупності частинок (СНиП 2.04.03-85).

Оцінюючи основні параметри відстійників, необхідно перевірити об'єм мулової частини, який залежить від норми накопичення осаду і періодичності його усунення. Норма накопичення осаду для відстійників без зброджування мулу становить $0,7\text{-}0,8 \text{ дм}^3/\text{д}$ на 1 людину, для відстійників із зброджуванням залежно від середньозимової температури стічних вод – $65 \text{ дм}^3/\text{р}$. ($t=10^\circ\text{C}$); $110 \text{ дм}^3/\text{р}$. ($t=6^\circ\text{C}$).

У відстійниках необхідно також перевірити пристрої, які регулюють рівномірність розподілу стічних вод по всьому дзеркалу споруди (розподільчі лотки), збирання і усунення плаваючих домішок (жирозбиральні лотки, жирові колодязі), захист від них проясненої води, надходження осаду до приймального бункера станції перекачування.

Виконуючи експертизу споруд біологічного очищення з активним мулом, необхідно перевірити основні технологічні параметри, які характеризують процес біохімічного очищення стічних вод і зумовлюють

ефективність роботи споруд: навантаження органічних забруднювальних речовин, швидкість окислення, окисна потужність, відносний і питомий приріст мулу, муловий індекс, необхідний час аерації, місткість аераційної секції.

Прийом до експлуатації збудованих очисних каналізаційних споруд. Необхідно відзначити, що санітарний нагляд має виконуватися під час будівництва очисних споруд. Обстеження очисних станцій в процесі будівництва рекомендується робити не менше двох разів: перший раз – коли ведуться приховані та недоступні для огляду в остаточному вигляді роботи (закладання фундаменту, траншей та каналів, підготовка ложа біологічних ставків та ін.), другий – коли встановлюються санітарно-технічні прилади і монтується очисне обладнання. Основна задача нагляду – перевірка дотримання будівельниками умов проекту.

Згідно з відповідними нормативними документами, прийом до експлуатації очисних споруд здійснюється у дві стадії: перша – попередня (технічна) і друга – державний прийом. До складу технічної комісії входять представники замовника, генпідрядника і субпідрядника, відділу комунального господарства міста. Завдання технічної комісії полягає в тому, щоб перевірити якість будівельних робіт, їх відповідність проекту і підготувати матеріали для державного прийому об'єкта.

Після огляду споруд технічна комісія складає акт попереднього прийому, в якому має бути відзначено всі виявлені санітарні дефекти і надано рекомендації щодо їх усунення.

За позитивних заключень технічної комісії про можливість пред'явлення закінченого будівництвом (реконструкцією) об'єкта до державного прийому, позитивних заключень експертних організацій про відповідність виконаних робіт проектній документації видається заключення головного санітарного лікаря про можливість пуску об'єкта в експлуатацію.

Відбувається пробна експлуатація очисної станції. Задачі пробної експлуатації – перевірка і регулювання роботи окремих споруд і всієї станції в цілому. Пусковий період складається з двох етапів: пуск споруд на чистій воді та пуск споруд на стічних водах. Він повинен охоплювати теплу і холодну пори року, тому триває не менше шести місяців.

Результати пробної експлуатації подаються в державну приймальну комісію. Ця комісія призначається місцевими державними органами, міністерством або відомством, у віданні якого перебуває об'єкт. До її складу входять представники державного архітектурного будівельного контролю, санітарної служби, пожежної охорони, міського господарства та ін. Державна комісія встановлює завершеність усіх видів робіт на об'єкті, якість їх виконання й ефективність роботи очисних споруд. Робота комісії оформляється актом, який закінчується висновками про можливість прийому об'єкта до експлуатації та загальною оцінкою якості будівництва.

5.3 Санітарний нагляд за ефективністю роботи очисних споруд

Поточний санітарний нагляд за ефективністю роботи очисних споруд включає: 1) санітарне обстеження споруд щодо очищення, доочищення і знезараження стічних вод та їх осадів для наступного обліку і паспортизації об'єктів; 2) періодичний санітарний контроль за експлуатацією й ефективністю роботи очисних каналізаційних споруд з використанням даних санітарного обстеження і лабораторного аналізу стічних вод; 3) періодичний контроль (один раз на три роки) за дотриманням умов скидання стічних вод на діючих об'єктах; 4) розробку планів заходів, спрямованих на зменшення забруднення водних об'єктів, узгодження цих планів із зацікавленими організаціями й відомствами.

Санітарне обстеження споруд щодо очищення, доочищення і знезараження стічних вод та їхніх осадів. Програма санітарного обстеження очисних споруд включає такі задачі: 1) складання паспортів об'єкта; 2) санітарний контроль за ефективністю роботи очисних споруд; 3) виявлення причин погіршення якості очищення і невідповідності умов випуску за аварійних ситуацій. Для вирішення будь-якого з цих завдань необхідно провести санітарно-топографічне, санітарно-технічне й санітарно-епідеміологічне обстеження.

Санітарно-топографічне обстеження очисних станцій ставить за мету перевірку дотримання гігієнічних вимог експлуатації території, окремих споруд, очисної станції в цілому і СЗЗ.

Несприятливий вплив очисних станцій може проявлятися через поширення неприємних запахів, шуму, бактеріального і хімічного забруднення ґрунту, поверхневих і підземних вод, атмосферного повітря, через вирощувані поблизу очисних станцій і споруд овочі, ягоди і фрукти, а також за прямого контакту людей із стічною рідиною.

Запобігання такому несприятливому впливу – благоустрій території очисної станції, відсутність органічних і гідравлічних перевантажень очисних споруд, своєчасна профілактика і ремонт пристроїв, достатні розміри СЗЗ та їх коригування залежно від пануючих вітрів, відповідність ступеня очищення води умовам випуску.

Санітарно-технічне обстеження повинно включати перевірку правильності влаштування й експлуатації споруд з очищення, доочищення, знезараження і знешкодження стічних вод та їх осадів згідно зі СНиП 2.04.03-85.

Санітарно-епідеміологічне обстеження виконується з метою виявлення впливу стічних вод на захворюваність персоналу очисних станцій і населення, що мешкає поблизу, кишковими інфекціями з водним механізмом передачі та геогельмінтозом.

За початкового санітарного нагляду залежно від поставленого

завдання виконується поглиблене і планове (поточне) санітарне обстеження. Поглиблене обстеження виконується за спеціальною картою, яка нараховує близько двадцяти детальних пунктів щодо влаштування і роботи очисної станції.

Планове, або поточне, санітарне обстеження очисної станції є набагато простішим, ніж поглиблене, оскільки можна обмежитися вивченням паспорту об'єкта і попередніх актів санітарного обстеження. Якщо їх немає, то робиться обстеження за такою програмою: 1) наявність відхилень від проекту очисних споруд; 2) відповідність схеми очисних споруд певному об'єму стічних вод; 3) правильність влаштування й експлуатації очисних споруд, територій, наявність СЗЗ; 4) об'єм стічних вод, які надходять, якість та ефективність очищення; 5) дотримання вимог випуску стічних вод; 6) перевірка графіка профілактичного ремонту обладнання; 7) робота відомчої лабораторії. Закінчується планове обстеження складанням акту.

На випадок аварії програма обстеження визначається залежно від порушень технології обробки води за різкого збільшення об'єму стічних вод, виходу з ладу обладнання тощо.

Основними причинами порушення нормальної роботи очисних станцій є: 1) перевантаження споруд; 2) надходження виробничих стічних вод, які не відповідають вимогам їх прийому до побутової каналізації; 3) залпове надходження стічних вод; 4) перерви в електропостачанні; 5) недотримання строків капітального і планового ремонтів споруд і обладнання; 6) порушення правил технічної експлуатації очисних споруд.

При складанні заключення про ефективність роботи очисної станції та її окремих споруд необхідно розрахувати ефект очищення P , %

$$P = [(a - b) / a] \cdot 100, \quad (5.1)$$

де a – концентрація забруднювальних речовин у побутових стічних водах, які надходять на очищення, мг/дм³;

b – концентрація забруднювальних речовин в очищеній (на виході) стічній рідині, мг/дм³.

5.4 Дослідження стічних вод і гігієнічна оцінка їх якості після очищення

Відбір проб на очисних спорудах. При відборі проб стічних вод необхідно виключити можливість одержання випадкового результату пов'язаного з коливаннями складу і витрати стічних вод. Якщо утворення стічних вод на об'єкті відбувається рівномірно за часом, то відбираються середні проби, які можуть бути середньозмінними або середньодобовими. Для одержання середньої проби відбираються через кожну годину рівні

кількості стічної рідини (250-300 мл). За відсутності помітних відхилень у складі окремих порцій середньодобова (середньозмінна) проба одержується шляхом змішування рівних кількостей (100-150 мл) стічної рідини з погодинних порцій. Якщо склад їх різко коливається, то необхідно дослідити окремі (разові) проби. Середні значення за заміну одержуються як середньоарифметичне.

За умов нерегулярного утворення стічних вод беруть середньопропорційні проби, тобто відбирають порції, які є пропорційними об'ємам стічних вод. Зокрема, якщо впродовж першої години утворюється 300 м³ стічних вод, відбирається 0,3 дм³, впродовж другої години – 600 м³, то 0,6 дм³ та ін. Середньопропорційні проби зливаються у велику чисту місткість, зберігаються впродовж доби (краще за температури 4°C), потім старанно перемішуються і частина рідини (1-3 дм³) відливається у чистий посуд для аналізу. Якщо є підозра на потрапляння токсичних речовин, то для їх визначення відбирається окрема проба.

При випуску стічних вод у річку, окрім дослідження їх самих аналізується також склад річкової води з відбором проб: вище випуску в місці повного перемішування і на 1 км вище найближчого пункту водокористування. Відбір проб виконується на середині річки і на відстані 3-5 м від берега з глибини 30-50 см. Періодичність досліджень визначається місцевими умовами, але не менше двох разів на сезон. Під час відбору проби встановлюється: температура, прозорість води, наявність плівок на поверхні води, запах і колір, характер дна і рослинності, забрудненість берегів, замуленість дна і характер мулу, наявність біологічних обростань.

Для гідробіологічної характеристики водного об'єкта, як правило, обмежуються вивченням проб найбільш типових груп організмів. Наприклад, для малих річок – обростання, для великих – планктон і бентос, для ставків – зарості макрофітів. Обростання знімаються шкребком, переносяться у лабораторію в термосі, фіксуються 4%-вим розчином формаліну для остаточного визначення видів. Бентос береться з дна дночерпальником Екмана і промивається на ситі, щоб вивільнити від ґрунту. Проби, які містять молюсків, фіксуються етиловим спиртом, а інші – 4%-вим розчином формаліну. Зоопланктон концентрується фільтруванням крізь планктонну сітку і фіксується на місці 2%-вим розчином формаліну. Фітопланктон враховується лише влітку. Для фіксації до 500 мл води додається 20 мл 40%-вого розчину формаліну.

До відібраних проб стічної або природної води додається супроводжувальний бланк, де вказується: 1) місце відбору проби; 2) характер проби (разова, середня, середньопропорційна); 3) визначення, які виконано при відборі проби (температура, запах, кольоровість, прозорість, зовнішній вигляд); 4) програма аналізу; 5) дата відбору; 6) метод консервування; 7) посада і підпис особи, яка відібрала пробу.

У стічний рідині визначається температура, запах, прозорість, завислі частинки та основні речовини, втрати при прокалюванні, БСК₅, ХСК; після відстоювання проби впродовж 2 год – азот-нітрати і нітрити, хлориди, перманганатна окислюваність, БСК₅, фосфати, гнильність; у фільтрованій воді – твердий залишок, залізо, сульфати.

Наявність у стічних водах домішок вимагає зробити перед аналізом попередню підготовку проб. У разі сильного забруднення стічних вод необхідними є попереднє розведення стічної рідини, прояснення тощо.

Проби осаду стічних вод змішуються пропорційно кількості вивантаженого осаду і після визначення вологості підсушуються. Сухий залишок збирається впродовж 10 днів в одну банку з кришкою. Перед дослідженням він подрібнюється і пересіюється крізь сито з діаметром отворів 2-3 мм.

Проби активного мулу фільтруються у вакуумі на лійці Бюхнера крізь тонкі шари вати або марлі. Після фільтрації активний мул з вологістю близько 85-90% розподіляється тонким шаром на склі і підсушується на водяній бані або у сушильній шафі. Повітряно-сухий мул розтирається у ступці, пропускається крізь сито (діаметр отворів 0,5 мм) і після додаткового розтирання – крізь сито з отворами 0,25 мм. Подальша обробка осаду або мулу здійснюється однаково. Проби масою 20-40 г розподіляються тонким шаром на аркуші глянцевого паперу, старанно перемішуються скляною паличкою і розрівнюються тонким шаром у формі квадрата. По діагоналі проба ділиться на чотири трикутники, малі проби з двох протилежних трикутників відкидаються, а ті, що залишилися, знову перемішуються і діляться, і так продовжується доти, поки не залишиться 5-6 г. З проби, що лишилася, береться наважки для аналізу.

Лабораторне дослідження стічних вод і показники ефективності роботи очисних споруд. Програма лабораторного дослідження стічних вод (обсяг) залежить від певних умов: виду споруди, об'єкта дослідження і тих завдань, які стоять перед санітарною службою.

Показники, які наведено в табл. 5.1, необхідно враховувати при вивченні ефективності роботи тих або інших споруд. За епідемічними показниками дослідження виконується на всіх етапах очищення (наявність патогенних мікроорганізмів). Хімічні речовини більш детально вивчаються при аналізі промислових стічних вод, які скидаються конкретними підприємствами у водойму.

Повний аналіз стічних вод включає визначення таких параметрів: температура, інтенсивність запаху, забарвлення, рН, прозорість, об'єм і маса осідаючих речовин, завислі речовини і втрата при їх прокалюванні, азот загальний, амонійний, нітритний, нітратний, перманганатна окислюваність, біхроматна окислюваність (ХСК), біохімічне споживання кисню (БСК₅, БСК₂₀), відносна стабільність, розчинений кисень, хлориди, фосфати, фториди, вільний хлор, специфічні інгредієнти, які

характеризують наявність промислових стічних вод, – залізо, мідь, хром, цинк, свинець, СПАР, мікробне число, колі-індекс, за епідемічними показниками виявляється наявність патогенних мікроорганізмів.

Таблиця 5.1 – Специфічні показники оцінки ефективності роботи очисних споруд

Назва споруди	Об'єкт дослідження	Показники, які характеризують ефективність роботи
Піскоуловлювачі	Пісок	Вологість, гігроскопічна вологість, об'ємна маса
Первинні і двохярусні відстійники	Стічна рідина до і після виходу із споруди	Прозорість, об'єм і маса завислих частинок, кількість яєць гельмінтів
Поля зрошування і фільтрації	Стічна рідина та її фільтрат	БСК, ХСК, азот амонійний, нітратний, нітритний, перманганатна окислюваність
Біологічні ставки	Вода ставків у напрямку руху стічних вод	БСК, перманганатна окислюваність, ХСК, азот амонійний, нітратний, нітритний, розчинений кисень
Споруди штучного біологічного очищення	Стічна рідина після виходу з первинних відстійників і біологічно очищена стічна рідина	БСК, ХСК, перманганатна окислюваність, азот амонійний, нітратний, нітритний, розчинений кисень
Споруди по знезараженню стічних вод	Стічна рідина до і після знезараження	Мікробне число, колі-індекс, залишковий хлор

Повний аналіз стічних вод виконується при надходженні їх на очисну станцію і після всіх етапів очищення, також аналізується вода водних об'єктів, у яку випускаються очищені стічні води. Повний аналіз повинен виконуватися відомчою лабораторією не рідше одного разу на декаду, лабораторіями СЕС – за спеціальним графіком, але не рідше одного разу на квартал.

Скорочений аналіз стічних вод здійснюється щоденно для оперативного відомчого контролю за роботою очисних споруд і позапланових (за показаннями) досліджень СЕС. Він включає такі визначення: прозорість, рН, об'єм та маса завислих і осідаючих речовин, їх втрата при прокалюванні, 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 певного підприємства у водойму.

Аналіз осаду стічних вод і мулу, які надходять у метантенки і вивантажуються після бродіння, ведеться за повною і скороченою програмою. Повний аналіз осаду стічних вод і мулу включає дослідження абсолютної й гігроскопічної вологості, зольності, наявності речовин, що екстрагуються ефіром і спиртобензолом, вуглеводів, загального азоту, білкового азоту, фосфору, СПАР, заліза, міді, хрому, радіоактивних речовин, вмісту яєць гельмінтів. Повний аналіз робиться один раз на квартал.

Скорочений аналіз осаду стічних вод і мулу передбачає визначення абсолютної та гігроскопічної вологи, зольності. За скороченою програмою аналізуються осад і мул при кожному завантаженні і вивантаженні мегантенків. Якісний аналіз газу робиться раз на місяць для визначення співвідношення метану, водню, кисню, азоту, сірководню.

Поточний відомчий лабораторний контроль за роботою аеротенків, окрім дослідження стічних вод, що надходять і після очищення, включає щоденний контроль дози активного мулу (г/дм^3 і відсоток за об'ємом) і вмісту розчиненого кисню в очищеній воді (один-два рази на добу). Якість мулу контролюється, визначаючи два рази на декаду муловий індекс, швидкість осадження, кількість найпростіших організмів, потребу активного мулу в кисні. Крім того, раз на місяць встановлюється гігроскопічна вологість, зольність, вміст загального азоту, фосфору, рівень радіоактивності, наявність яєць гельмінтів.

При проведенні знезараження води хлором відомча лабораторія повинна не рідше одного разу на місяць визначати хлорпоглинання очищених стічних вод і не рідше чотирьох-п'яти разів на добу – кількість залишкового хлору.

СЕС контролює як об'єм виконання аналізів відомчою лабораторією, так і їх якість, періодично перевіряючи дані у своїй лабораторії.

Гігієнічна оцінка якості стічних вод, які пройшли різні етапи очищення. Щоб виконати таку оцінку представникам санітарної служби необхідно мати такі матеріали: дані санітарного обстеження населеного пункту, очисних споруд, водного об'єкта і результати лабораторного аналізу стічних вод.

На основі матеріалів санітарного обстеження можна зробити попередній висновок про ефективність роботи споруд і санітарний стан водного об'єкта. Кількісну характеристику цього забруднення можна скласти після лабораторного аналізу.

Гігієнічна оцінка якості стічних вод, або, як кажуть у санітарній практиці, «читання аналізу», складається з низки етапів.

Перший етап – встановлення виду стічних вод. Необхідно розрізняти такі види стічних вод: господарсько-побутові, виробничі, зливові. Окремо розглядається вода водного об'єкта, в який скидаються

стічні води. За глибиною очищення виділяються стічні води, які пройшли механічну обробку і біологічне очищення, доочищення і знезараження. Визначення виду стічних вод важливо тому, що їхній якісний склад має специфічні особливості.

Знаючи вид стічних вод і приблизну концентрацію забруднювальних речовин, можна зробити висновок про майбутній ефект очищення стічних вод на різних етапах та визначити санітарну і епідемічну небезпеку, яку являє собою скидання стічних вод у водойму.

Другий етап – встановлення необхідного об'єму досліджень і ступеня епідемічної небезпеки стічних вод залежно від виду води. На практиці найбільш часто дається заключення про: 1) ступінь санітарної та епідемічної небезпеки стічних вод; 2) ефективність роботи очисної станції та окремих споруд; 3) відповідність фактичних умов скидання стічних вод розрахунковим даним; 4) вплив скидання стічних вод на якість води водного об'єкта; 5) можливість застосування стічних вод для зрошення у сільському господарстві тощо.

Залежно від поставлених завдань вимагається певний обсяг санітарного обстеження і лабораторного аналізу. Так, за необхідності визначення ступеня їхньої епідемічної небезпеки необхідно мати дані санітарного обстеження і результати аналізів про наявність патогенної мікрофлори, яєць гельмінтів.

Небезпека випуску у водний об'єкт виробничих стічних вод полягає в основному в порушенні санітарного режиму водойми внаслідок забруднення води органічними і токсичними мінеральними речовинами.

Для підготовки заключення про епідемічну небезпеку стічних вод, ефективність роботи очисної станції, про вплив випуску стічних вод на якість води водного об'єкта, про придатність стічних вод для зрошення певною програмою.

Третій етап – перевірка повноти поданих матеріалів, які повинні містити: 1) дані санітарного обстеження водного об'єкта вище і нижче місця випуску стічних вод або очисних споруд; 2) чітке позначення місця відбору проби з її характеристикою (середньодобова, середньомісячна, середньопропорційна, разова); 3) супроводжувальний бланк; 4) дані лабораторного аналізу.

Четвертий етап – оцінка даних санітарного обстеження. Виконується за видами обстеження (санітарно-топографічне, санітарно-технічне, санітарно-епідемічне).

П'ятий етап – оцінка даних лабораторного дослідження. Виконується за чотирма групами показників: фізичними (органолептичними), хімічними, бактеріологічними і гідробіологічними.

Шостий етап – складання загального заключення. У ньому представник санітарної служби повинен зробити узагальнений аналіз результатів санітарного обстеження і лабораторного дослідження,

виходячи з поставленого завдання. При цьому важливо, спираючись на об'єктивні дані, виявити і елемент творчості при складанні тексту.

Питання для самоперевірки

1. Вимоги до розміщення очисних споруд?
2. Які нормативи встановлюються до складу і властивостей води водойми залежно від характеру використання водних об'єктів для господарських потреб?
3. В чому полягає санітарна експертиза проектів каналізації? Основні її етапи.
4. Що включає санітарний нагляд за ефективністю роботи очисних споруд?
5. В чому полягає дослідження стічних вод і гігієнічна оцінка їх якості після очищення?

ЛІТЕРАТУРА

1. Будыкина Т.А., Емельянов С.Г. Процессы и аппараты защиты гидросферы. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 288 с.
2. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник. – К.: Вища школа, 2005. – 671 с.
3. Захарова М.В. Гідроекологічні основи водного господарства. Практикум: Навчальний посібник. – Одеса: «Екологія», 2010. – 110 с.
4. Колодеєв Є.І., Захарова М.В. Гідроекологічні показники водопостачання та водовідведення: Навчальний посібник. – Одеса, 2012. – 125 с.
5. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація: Підручник. – К.: «Кондор», 2009. – 288 с.
6. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання: Підручник. – К.: Знання, 2009. – 735 с.
7. Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення. Гідроекологічні аспекти. – ВЦ «Київський університет», 1999. – 319 с.

М.В. ЗАХАРОВА

ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ
(ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ)

Навчальне видання

Захарова Марина Володимирівна

**ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ
(ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ)**

Конспект лекцій

Підп. до друку
Умовн. друк. арк.

Формат 60×84/16
Наклад 50

Папір офс.
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

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