

Данный файл представлен исключительно в ознакомительных целях.

Уважаемый читатель!

Если вы скопируете данный файл,
Вы должны незамедлительно удалить его сразу после ознакомления с содержанием.
Копируя и сохраняя его Вы принимаете на себя всю ответственность, согласно действующему международному законодательству .
Все авторские права на данный файл сохраняются за правообладателем.
Любое коммерческое и иное использование кроме предварительного ознакомления запрещено.

Публикация данного документа не преследует никакой коммерческой выгоды. Но такие документы способствуют быстрейшему профессиональному и духовному росту читателей и являются рекламой бумажных изданий таких документов.

Київський університет імені Тараса Шевченка

В.К. Хільчевський

ВОДОПОСТАЧАННЯ І ВОДОВІДВЕДЕННЯ

ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ

Рекомендовано Міністерством освіти України
як підручник для студентів географічних
і геологічних факультетів університетів
та гідрометеорологічних вузів

Київ
Видавничий центр
“Київський університет”
1999

ББК 26.22

X 45

Хільчевський В.К.

X 45 Водопостачання і водовідведення. Гідроекологічні аспекти.: ВЦ "Київський університет", 1999. - 319 с.

ISBN 966-594-073-2

У підручнику показано роль компонентів хімічного складу води у процесах життєдіяльності людського організму, охарактеризовано проблеми водозабезпечення і водокористування у світі та в Україні, висвітлено основні технологічні аспекти систем водопостачання і очиски стічних вод, питання гідроекологічної експертизи проектів цих систем і поточного нагляду за їх функціонуванням, наведено методики розрахунку умов скидання стічних вод у водні об'єкти та оцінки забруднення природних вод.

Для студентів географічних і геологічних факультетів університетів, гідрометеорологічних вузів, а також для спеціалістів з охорони навколишнього середовища.

Підручник видано за сприяння науково-виробничого центру "Ордана".

Рецензенти: С.В.Анрійченко, д-р біол. наук, проф.,
В.М.Білокінь, канд. геогр. наук,
К.О.Чеботько, канд. хім. наук

Затверджено радою
географічного факультету
17 вересня 1998 року

X

1805040700

ВЦ "Київський університет", 1999

ББК 26.22

ISBN 966-594-073-2

© В.К.Хільчевський, 1999

ПЕРЕДМОВА

Основою для створення підручника був курс лекцій, який багато років читається на кафедрі гідрології та гідрохімії географічного факультету Київського університету імені Тараса Шевченка, навчальний посібник "Методи очистки вод", виданий за ініціативою автора в 1993 р., сучасні навчально-методичні й наукові видання вітчизняних і зарубіжних вчених. Автором використано також досвід і дані, отримані під час дослідження якості води водних об'єктів м. Києва і приміської зони для створення "Проекту районного планування центральної господарської зони Київської області"; розробки гідроекологічного блоку автоматизованої експертної системи "Промтериторія"; дослідження стічних вод і можливості утилізації та використання їх осадів, які утворюються на очисних спорудах.

Серед використаних публікацій - "Довідник з водних ресурсів" за ред. Б.І.Стрельця (К.,1987), довідник "Малі річки України" за ред. А.В.Яцика (К.,1991), навчальний посібник "Керівництво до лабораторних занять з комунальної гігієни" за ред. Є.І. Гончарука (К.,1990), роботи Л.А. Кульського.

Оскільки підручник розраховано в першу чергу на студентів університетів - гідрохіміків, гідрологів, гідроекологів, геоекологів, головна мета полягає у викладі гідроекологічних аспектів організації водопостачання і водовідведення, висвітленні сильних і слабких сторін сучасних методів водопідготовки і очистки стічних вод, які скидаються у водні об'єкти, санітарної експертизи проектів і поточного контролю функціонування відповідних споруд. Технологічні та конструктивні особливості обладнання подано в загальних рисах.

При викладі матеріалу в даному підручнику вдалося, на нашу думку, зробити крок уперед у розумінні шляхів вирішення гідроекологічних проблем, які виникають, зокрема, в найважливішій з областей використання водних об'єктів людиною - для водопостачання і водовідведення.

При цьому під *гідроекологією* ми розуміємо вчення про взаємозв'язки між гідрохімічними, гідрологічними й гідробіологічними процесами у водах, які містяться у різних компонентах навколишнього середовища та впливають на життєдіяльність організмів і мають склад та властивості, сформовані під дією природних і антропогенних факторів (В.К.Хільчевський, В.І.Пелешенко, М.Д.Гродзинський, 1995)

Крім студентів географічних і геологічних факультетів університетів та гідрометеорологічних вузів, книга буде також корисною для більш широкого загалу фахівців з водного господарства, охорони навколишнього середовища і санітарної гігієни.

Автор вдячний відповідальному працівникові Міністерства охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України (Мінекобезпеки) Н.В.Мовчан за допомогу у підборі матеріалів з регіональних питань водопостачання і водовідведення в Україні.

Цінні зауваження і побажання було висловлено рецензентами доктором біологічних наук, професором, завідувачем кафедри біології університету "Києво-Могилянська Академія" С.В.Андрійченком, кандидатом географічних наук, начальником управління водних басейнів і ресурсів Мінекобезпеки України В.М.Білоконем, кандидатом хімічних наук, завідувачем відділу гідрохімії інституту "Укрводпроект" К.О. Чеботьком, за які автор їм пира вдячний.

ВСТУП

У наш час виникають серйозні труднощі при забезпеченні населення якісною питною водою через різке погіршення стану основних джерел водопостачання України внаслідок їх забруднення нітратами, фосфатами, важкими металами, нафтопродуктами, пестицидами, радіонуклідами і патогенними мікроорганізмами. Проблема суттєво загострюється також і через те, що існуючі технології водопідготовки передбачають досить широке застосування хлору, зокрема, для знезараження продуктів розпаду фітопланктону, що призводить до утворення в питній воді значної кількості високотоксичних хлорорганічних сполук, які мають кумулятивну і канцерогенну дію.

Згідно з рішенням уряду України в 1991 р. розпочато виконання науково-соціальної програми "Питна вода" за трьома основними напрямками:

- 1) забезпечення населення чистою артезіанською водою з наявних запасів і дослідження можливості розширення її використання (в тому числі за рахунок кондиціонування підземних вод);
- 2) створення і впровадження високоефективних індивідуальних пристроїв для отримання якісної питної води;
- 3) інтенсифікація існуючих і розробка нових технологій отримання чистої питної води на водопровідних станціях.

З метою конкретизації наукових досліджень і практичних заходів за цією програмою Інститутом колоїдної хімії та хімії води ім. А.В.Думанського НАН України разом з іншими установами запропоновано *концепцію поліпшення якості питної води в Україні* (Гончарук, 1994).

Передбачено такі шляхи для реалізації концепції.

1. Захист водного басейну (поверхневих і підземних вод) від забруднення:

1.1. Якнайшвидше впровадження комплексу економічних, юридичних і науково-технічних заходів із запобігання скидання неочищених стічних вод у джерела водопостачання та інші водні об'єкти за рахунок будівництва ефективних очисних споруд, створення замкнутих циклів водопостачання, нейтралізації концентрованих відходів, утилізації чи використання промислових стічних вод і т.п. Будівництво мереж і споруд для відведення та очистки зливових вод у містах і селищах міського типу.

1.2. Організація ефективно діючої санітарної охорони поверхневих і підземних джерел водопостачання від забруднення господарсько-побутовими і промисловими стічними водами, атмосферними опадами і поверхневим стоком, речовинами, які вносяться у ґрунт цілеспрямовано (пестициди, макро- і мікродобрива), токсичними промисловими і побутовими відходами при їх знезараженні на спеціальних полігонах, оснащення останніх сучасною технологією і обладнанням.

1.3. Будівництво в Україні спеціальних підприємств для серійного випуску промислових очисних споруд місцевої малої та великої каналізації для знезараження промислових і господарсько-побутових стічних вод.

1.4. Створення спеціалізованої служби, яка здійснювала б транспортування, монтаж, обслуговування і контроль за ефективністю експлуатації вказаних заводських очисних споруд для знезараження стічних вод перед їх скиданням у водойми чи на поля зрошення.

1.5. Розробка й дотримання жорстких вимог відносно господарської діяльності в зонах санітарної охорони підземних вод і поверхневих водозаборів та реальне закріплення водоохоронного статусу з урахуванням законодавства про землю і права власності на неї.

1.6. Розробка, впровадження та постійне удосконалення системи спостереження, аналізу і прогнозування стану поверхневих і підземних вод та створення, таким чином, системи комплексного моніторингу джерел водопостачання, прогнозування і попередження надзвичайних ситуацій природного і антропогенного походження.

1.7. Вирішення проблеми токсичних промислових відходів на державному рівні з метою запобігання проникнення токсичних відходів у навколишнє середовище, що гарантувало б сувору відповідальність за екологічні порушення й злочини.

1.8. Створення і впровадження системи й підрозділів швидкого реагування з ліквідації наслідків аварійного викиду в навколишнє середовище екологічно небезпечних речовин.

2. Пріоритетне використання для питного водопостачання експлуатаційних ресурсів підземних вод відповідної якості:

2.1. Невідкладна реалізація всіх наявних можливостей розподілу серед населення чистої артезіанської води виключно для пиття і приготування їжі.

2.2. Розширення пошуків нових джерел питної води.

2.3. Розробка і впровадження технологій кондиціонування вод підземних джерел для розширення питного водопостачання.

2.4. Проведення типізації великих підземних водозаборів України з урахуванням особливостей гідрогеологічних умов, включаючи особливості природної захищеності підземних вод від забруднення з метою прогнозування якості води, оптимізації їх експлуатації.

2.5. Розробка і впровадження системи заходів, які забезпечують ефективний захист підземних вод.

2.6. Створення і промислове впровадження в народне господарство технології консервування і пакетування питної води з артезіанських свердловин.

3. Підвищення ефективності існуючих технологій водопідготовки на основі новітніх досягнень науки і техніки, розробка і впровадження принципово нових технологій водопідготовки і систем водокористування:

3.1. Створення наукових засад, розробка і впровадження в практику водопостачання нових і удосконалення діючих промислових технологій очистки води та обладнання, в тому числі блочно-модульних очисних пристроїв.

3.2. Розширення фундаментальних і прикладних розробок з хімії і технології води.

3.3. Розробка і впровадження сучасних технологій отримання якісної питної води з використанням озону, пероксиду водню, що виключає застосування хлору в технології очистки і запобігає утворенню високотоксичних хлорорганічних сполук.

3.4. Розробка соціально-економічної та технічної програми реконструкції та переснащення існуючих і будівництва нових станцій із впровадженням сучасних технологій забору і очистки питної води, виготовлення більш сучасного водопровідно-каналізаційного обладнання, реагентів, фільтруючих матеріалів, сорбентів. Включення цих об'єктів у державне замовлення з відповідним централізованим фінансуванням, матеріально-технічним забезпеченням та із залученням інвестиційних коштів, зарубіжних технологій і обладнання.

3.5. Створення матеріально-технічної бази водопостачання (високоякісні труби з внутрішнім і зовнішнім антикорозійним покриттям, більш досконала регулююча арматура, водолічильники, прилади і

системи автоматичного контролю водокористування, реагенти, сорбенти, активоване вугілля, озонаторне, фотокаталітичне, насосне, повітрорудувне обладнання, прилади для контролю якості води тощо).

4. Розробка і впровадження ефективних водоочисників індивідуального і групового застосування:

4.1. Розробка і впровадження ефективних фільтруючих елементів, призначених для очистки води від завислих речовин і мікроорганізмів.

4.2. Створення технологій виробництва і регенерації нових сорбентів для вилучення з води органічних забруднюючих речовин, іонів важких металів, радіонуклідів і т.п.

4.3. Створення нових зразків побутових водоочисників.

4.4. Забезпечення населення різноманітними очисниками води на місці використання, які гарантують суттєве поліпшення якості води з урахуванням місцевих умов водопостачання.

5. Створення систем і апаратів очистки води для сільського населення:

5.1. Створення типорозмірного ряду блочно-модульних водопровідних станцій малої потужності.

5.2. Розробка польових опріснювальних систем з використанням альтернативних джерел енергії.

5.3. Створення індивідуальних очисників колодязної води від мікробів, пестицидів та інших забруднюючих речовин.

6. Створення нормативно-правової бази

6.1. Гарантування на законодавчому рівні права громадянина України використовувати питну воду, яка не шкодить його здоров'ю.

6.2. Розробка і впровадження економічних механізмів, які забезпечують екологічне оздоровлення навколишнього середовища, раціональне використання і охорону водних ресурсів, а також розробку основних положень інвестиційної політики у цій області.

6.3. Визначення в Україні єдиної системи водогосподарювання з метою проведення цілісної технічної політики із забезпечення населення якісною питною водою, комплексного розвитку і експлуатації систем господарсько-питного водопостачання і каналізування населених пунктів.

6.4. Уведення в сферу основних завдань державної адміністрації відповідальності за виконання заходів з поліпшення якості питної води,

своєчасне та об'єктивне інформування населення про якість питної води, стану каналізування.

6.5. Розширення об'ємів науково-дослідних робіт із визначення впливу на організм людини речовин і сполук, які не входять до діючих стандартів, і особливо дослідження комплексного впливу хімічних і біологічних забруднюючих речовин води та радіонуклідів.

6.6. Перегляд змісту стандарту №2874-82 "Вода питна. Гігієнічні вимоги, контроль за якістю", зокрема, показників оцінки фізіологічної повноцінності й стабільності води*.

6.7. Технологічне, методичне, методологічне, фінансове і матеріально-технічне забезпечення впровадження нових стандартів, що повинно стати основою розробки нових будівельних норм і правил проектування, реконструкції та спорудження нових об'єктів водопостачання.

*Поки що в Україні прийняті Державні санітарні правила і норми (ДСАНПІН) "Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання", затверджені Міністерством охорони здоров'я 23.12.96.

1. РОЛЬ КОМПОНЕНТІВ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ВОДИ У ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ

Визначаючи питання водопостачання, треба мати певне уявлення про основні фізіологічні процеси, які відбуваються в організмі за участю води і розчинених у ній солей. Це сприятиме розумінню необхідності дотримання вимог до якості питної води. Адже ті самі компоненти хімічного складу води, які необхідні організму, можуть стати шкідливими токсичними речовинами, якщо перевищать гранично-допустимі концентрації - ГДК (хлориди, сульфати, нітрати, мікроелементи та ін.). Компоненти, які мають штучне походження (ксенобіотики) - пестициди, штучні радіоактивні елементи та інші у питній воді не бажані взагалі.

1.1. Водно-сольовий обмін в організмах

Як припускають вчені, ймовірно, життя виникло у водному середовищі. У ході еволюції різні водні тварини та рослини вийшли на сушу і пристосувалися до наземного способу життя. Але вода і для них залишилася найважливішим компонентом навколишнього середовища. За нестачі води життєдіяльність організмів порушується. Лише форми життя, які перебувають у спокої (спори, насіння), добре переносять тривале зневоднення. Рослини за відсутності води в'януть і можуть гинути, хоча чутливість різних рослин до її нестачі є різною. Тварини, якщо позбавити їх води, швидко гинуть: звичайна собака може прожити без їжі до 100 днів, а без води - лише 10. У табл. 1.1 наведено дані про вміст води у різних організмах.

Для гідробіонтів вода залишилась найважливішим середовищем існування, оскільки вона у 800 разів гущіша, ніж повітря. Цим пояснюється можливість існування в ній тварин, у яких відсутній міцний покрив чи утримуючий скелет (медузи, гребневики та ін.).

У рідині організму - міжклітинній рідині, лімфі, крові, соках гравлення їжі, соку рослин та інших - міститься вільна вода. У тканинах тварин і рослин вода знаходиться у зв'язаному стані - вона не витікає при розсіченні органів. Вода здатна викликати набрякання колоїдів, зв'язуватися з білком та іншими органічними сполуками, а також з іонами, які входять до складу клітин і тканин (гідратаційна вода). Молекули води, які знаходяться всередині клітин, але не входять до складу гідратаційних оболонок іонів і молекул, являють собою

Таблиця 1.1. Вміст води у різних організмах, їх органах і тканинах

Організми, органи, тканини	Вміст води, %
Рослини (наземні):	
верхівка сходів	91-93
листя	75-86
Насіння злаків	12-14
Водорості	90-98
Мох, лишайники	5-7
Медузи	95-98
Дощові черв'яки	84
Комахи:	
дорослі	45-65
личинки	58-90
Риби	70
Ссавці (в т.ч. людина):	
скелет	63-68
м'язи	20-40
печінка	75
Мозок людини:	
сіра речовина	84
біла речовина	72

імобільну воду, що легше за гідратаційну залучається до загального кругообігу води в організмі.

Сукупність процесів всмоктування, розподілу, споживання та виділення води й солей в організмі людини і тварин називається водно-сольовим обміном. Він забезпечує стабільність осмотичної концентрації, іонного складу і кислотно-лужної рівноваги всередині організму. Добова потреба у воді здорової людини вагою 70 кг становить близько 2,5 л, з яких 1,2 л надходить у вигляді питної води, 1 л - з їжею, 0,3 л утворюється в організмі (при окисненні 1 г жиру утворюється 1,07 г, 1 г вуглеводів - 0,556 г і 1 г білків - 0,396 г води). Загальний вміст води у тілі людини становить понад 60%, в тому числі всередині клітин у вигляді гідратаційної та імобільної води - 40%, всередині судин - 4,5%, у міжклітинній рідині - 16%.

До складу організмів входять іони Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , HCO_3^- , які зумовлюють фізико-хімічні процеси в тканинах. Організму необхідні і мікроелементи - Fe, Zn, Cu, Co та інші, які беруть участь у окисно-відновних реакціях, активізують ферменти, входять

до складу вітамінів та інших біологічно активних речовин. Всмоктування електролітів у кишечнику відбувається за участю ферментів і систем активного транспорту іонів. Іони, які всмокталися, надходять у кров чи лімфу і переносяться по всіх клітинах.

За сольовим складом рідини, які знаходяться всередині клітин, поза ними, значно відрізняються між собою: у клітинах переважають іони K^+ , Mg^{2+} і фосфати, поза клітинами - іони Na^+ , Ca^{2+} і Cl^- . Ця відмінність підтримується діяльністю біологічних мембран. Зв'язуванням іонів хімічними компонентами клітини (наприклад, фосфоліпідами мозку, м'язів і печінки більше поглинаються іони натрію, ніж калію). В організмі є сольові депо: у кістковій тканині міститься багато Ca^{2+} , у печінці депонуються різні мінеральні речовини, в тому числі мікроелементи.

Прісноводні тварини виводять воду, яка надходить в організм через покриви та з їжею, нирками чи їх аналогами. Солі вони отримують з їжею чи вилучають з навколишнього середовища спеціальними клітинами, розташованими у зябрах (риби), у шкірі (земноводні) та ін. Серед морських тварин є організми з такою самою осмотичною концентрацією крові, як і в морській воді (молоски та ін.), і тварини здатні до осморегуляції (кісткові риби). Кров цих тварин містить менше солей, ніж морська вода. Вони споживають багату на солі морську воду і опріснюють її, виділяючи концентровані розчини хлористого натрію сольовими залозами. Солі магнію і кальцію виводяться кишечником і нирками. Акули і скати, деякі інші морські тварини мають у крові й рідині тіла високу концентрацію сечовини, їх організм отримує воду головним чином через зовнішні покриви. У ссавців основним органом регуляції водного балансу є нирки. За надлишку води нирки виводять розведену сечу, за дефіциту - концентровану.

Сеча людини містить близько 96% води, 1,5% солей і 2,5% органічних продуктів обміну (сечовина, сечова кислота), рН 4,8-8,0 (при споживанні багатої на білки їжі реакція сечі є кислою, рослинної їжі - слабколужною). У сечі містяться ті самі солі, що і в плазмі крові, в основному $NaCl$, а також сульфати, фосфати і карбонати калію, магнію і алюмінію. За добу доросла здорова людина виділяє 1200-1600 мл сечі, хоча її кількість залежить від питного режиму, характеру їжі та ін.

Важливою речовиною для водно-сольового обміну в організмі є *слина*, яка має слабкокисло або слабколужну реакцію (рН 5,6-7,6). У дорослої людини виділяється близько 1,5 л слини, у великих тварин - від 40-60 л до 120 л на добу. Слина містить воду (98,5-99,5%) і розчинені в ній аніони хлоридів, фосфатів, бікарбонатів, роданідів, йодидів, бромідів, фторидів, сульфатів, катіонів натрію, калію, кальцію, магнію і мікроелементи Fe, Cu, Mn, Ni, Li, Zn та інші органічні речовини білок, амінокислоти, ферменти.

Не простим за складом є *шлунковий сік*, який виробляється різними клітинами слизової оболонки шлунка. Він містить ферменти (протеази, ліпазу), а також соляну кислоту, концентрація якої у людини становить 0,4-0,5%. Соляна кислота активізує ферменти, полегшує розщеплення білків, зумовлює бактерицидні властивості шлункового соку. Загальна кислотність шлункового соку в людини після вживання їжі становить 40-60 умовних одиниць, вільна - 20-40. За деяких порушень функції шлунка вміст соляної кислоти може підвищуватись чи знижуватись аж до її повної відсутності. За добу у людини виділяється близько 2 л шлункового соку.

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

Вода забезпечує перенесення поживних речовин і продуктів обміну (кров, лімфа, сік рослин), ряд важливих властивостей і процесів (тургор, терморегуляцію та ін.). *Тургор* (від латинського *turgor* - набрякання, наповнення) - напружений стан клітинної оболонки, який залежить від осмотичного тиску рідини всередині клітини, осмотичного тиску зовнішнього розчину і пружності клітинної оболонки. Як правило, клітини тварин мають слабкий тургор, бо пружність клітинної оболонки є низькою. У живих рослинних клітин осмотичний тиск внутрішньої рідини завжди більший, ніж у зовнішньої, але розриву клітинної оболонки в них не відбувається. Цьому сприяє наявність целюлозної клітинної стінки. У більшості рослин відносне видовження клітинної оболонки внаслідок тургору не перевищує 5-10%. Завдяки тургору тканини

рослин мають пружність і є конструктивно міцними. Падіння тургору призводить до в'янення і старіння рослинних організмів.

Терморегуляція (теплорегуляція) - здатність людини, ссавців і птахів підтримувати температуру організму у вузьких певних межах, незважаючи на значні коливання температури зовнішнього середовища і власної теплопродукції. Важливою функцією при терморегуляції є властивість організму виділяти піт, що дозволяє людині пристосуватися до високих температур (понад 30°C).

Піт є безколірною рідиною, яка виділяється потовими залозами. Піт людини містить 98-99% води, близько 0,1% сечовини, сечову кислоту, креатин, серин, жири, леткі жирні кислоти, холестерин, солі лужних металів - хлориди (переважає NaCl - близько 0,3%), фосфати, сульфати, парні ефіросірчані кислоти та ароматичні оксикислоти. Склад поту залежить від стану організму, інтенсивності виділення, а також від вмісту різних речовин у крові. Реакція поту є кислою (рН 3,8-6,2) чи лужною (при розкладанні сечовини і виділенні аміаку). У людини може виділятися за добу від 0,5 до 10 л поту і більше залежно від інтенсивності роботи м'язів, температури зовнішнього середовища і кількості випитої води. Так, за важкої роботи м'язів піт містить значну кількість молочної кислоти і азотистих сполук, за патологічного стану - глюкозу (цукровий діабет), жовчні пігменти, підвищену кількість сечовини і сечової кислоти (уремія).

Питний режим людини. Правильний питний режим забезпечує нормальний водно-сольовий обмін, створює сприятливі умови для життєдіяльності організму. Безладне чи надлишкове споживання води погіршує травлення їжі та, збільшуючи загальний об'єм циркулюючої крові, створює додаткове навантаження на серцево-судинну систему і нирки, посилює виведення через нирки і пітні залози необхідних для організму речовин (наприклад, NaCl). Тимчасове перевантаження рідиною (наприклад, одномоментне вживання великої кількості води) порушує роботу м'язів, призводить до їх швидкого стомлення, інколи викликає судоми.

За недостатнього споживання води погіршується самопочуття, підвищується температура тіла, прискорюється пульс і дихання, знижується працездатність. Зневоднення організму може викликати й більш тяжкі наслідки.

Зневоднення організму (дегідратація) - це втрата організмом води нижче фізіологічної норми. Тварини гинуть за втрати 20-25% води, яка знаходиться в тілі. Больові розлади настають, коли втрата води досягає 10%. Зневоднення організму може розвиватися або в результаті посиленої втрати води (часте блювання, збільшення потовиділення, значні опіки та ін.), або внаслідок водного голодування. Посилена втрата води призводить до гіпоосмолярного зневоднення, тобто поряд з виділенням рідини організм втрачає значну кількість електролітів. Оскільки осмотичний тиск у клітинах є вищим, ніж у міжклітинному просторі, рідина переходить у клітини, наслідком чого є їх набрякання.

За повного припинення надходження в організм води розвивається так зване водне голодування. Втрата рідини значно перевищує виділення електролітів, що призводить до гіпоосмолярної дегідратації: осмотичний тиск у міжклітинному просторі підвищується, вода з клітини переходить у позаклітинний простір, відбувається зневоднення клітин та їх загибель.

За зневоднення організму людина відчуває пекельну спрагу, яка переноситься важче, ніж відсутність їжі. При цьому знижується секреція всіх залоз травлення, відбувається згущення крові, що призводить до важких розладів кровообігу, порушується функція нирок та ін. Різке зневоднення організму може призвести до психічних розладів, інколи до смертельних наслідків.

Зневоднення організму в дітей настає значно швидше, ніж у дорослих, оскільки у дітей, особливо немовлят, виділення води на одиницю поверхні тіла є значно більшим, ніж у дорослих. За патологічних умов, які викликають гіпоосмолярне зневоднення організму, треба тамувати спрагу підсоленою водою, щоб компенсувати втрату не лише води, а й електролітів.

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

Жителям районів з жарким кліматом бажано тамувати спрагу лише після їжі і суворо обмежувати споживання рідини в проміжках між споживанням їжі. Для тамування спраги слід пити чай, додаючи у воду кухонну сіль, фруктові чи овочеві соки, екстракт. У гарячих цехах треба пити підсолену (0,5% розчин NaCl) газовану воду або відвар сухофруктів. Питний режим спортсменів передбачає тамування спраги лише після закінчення тренувань чи змагань, а під час виконання впродовж змагань і почуття сухості у роті усуваються полосканням водою рота і горла. За значних втрат ваги (після тренувань, змагань, парної бані) рекомендується пити воду малими порціями.

1.2. Мінеральні речовини. Мікроелементи

Хімічний склад природних вод, які використовуються для водопостачання, є складним комплексом розчинених мінеральних солей, газів та органічних сполук. У природних водах розчинені майже всі відомі на землі хімічні елементи, але більша частина з них знаходиться в таких малих кількостях, що їх поки ще не виявлено через недостатню чутливість методів аналізу. Зараз різними фізико-хімічними методами визначено понад 80 елементів, які присутні у природних водах гідросфери.

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

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

Виходячи з актуальності дослідження впливу на живі організми радіоактивних елементів, які містяться в природних водах, доцільно їх виділити в окрему групу (В.К.Хільчевський, 1997).

Виділення цих груп є зручним при дослідженні природних вод у гідрохімії, але воно майже не придатне, якщо питання стосується вивчення ролі тих чи інших хімічних компонентів у життєдіяльності організмів. Адже практично всі хімічні компоненти входять до складу живих організмів і виконують ту чи іншу біологічну функцію, тобто є "біогенними".

Біогенні елементи - це хімічні елементи, які постійно входять до складу організмів і мають певне біологічне значення. Перш за все це кисень (70% маси організмів), вуглець (18%), водень (10%), кальцій, азот, калій, фосфор, магній, сірка, хлор, натрій, залізо. Ці елементи входять до складу всіх живих організмів, становлять їх основну масу і відіграють велику роль у процесах життєдіяльності. Успіхи науки розширили перелік біогенних елементів: до них відносяться і багато мікроелементів, оскільки вони мають важливе біологічне значення. В.І.Вернадський вважав, що всі хімічні елементи, які постійно присутні у клітинах організмів у природних умовах, відіграють певну фізіологічну роль. Багато елементів є суттєвими лише для певних груп живих організмів.

Елементи, які постійно містяться в організмах людини і ссавців, за вивченістю та їх значенням можна розділити на три групи (табл. 1.2): елементи, що входять до складу біологічно активних сполук (ферменти, гормони, вітаміни, пігменти), вони є незамінними (I); елементи, фізіологічну і біохімічну роль яких мало з'ясовано (II) або ж вона невідома (III).

Вода у крові становить 77-82%, причому в еритроцитах її міститься 57-68% від маси, у плазмі - 90-91%. Мінеральні речовини підтримують стабільність осмотичного тиску крові, активну реакцію (рН крові становить 7,26-7,36), впливають на стан колоїдів крові та обмін речовин у клітинах. Значення рН крові нижчі 6,8 або вищі 7,8 не сумісні з життям.

Основна частина мінеральних речовин плазми представлена натрієм і хлором, калій знаходиться переважно в еритроцитах. Натрій бере участь у водному обміні, затримуючи воду в тканинах за рахунок набрякання колоїдних речовин. Хлор, легко проникаючи з плазми в еритроцити, підтримує кислотно-лужну рівновагу. Кальцій, який

Таблиця 1.2. Вміст хімічних елементів в організмі ссавців

Вміст елементів, % на суху речовину (порядок величин)	I	II	III
	Незамінні	Роль мало з'ясовано	Роль невідома
10^1-10^0	O, C, H, N, Ca,		
10^0-10^{-1}	P, K, Cl, S, Na		
$10^{-1}-10^{-2}$	Mg		
$10^{-2}-10^{-3}$	Zn, Fe	Sr	
$10^{-3}-10^{-4}$	Cu	Cd, Br	Li, Cs
$10^{-3}-10^{-5}$	I	F	Sn
$10^{-4}-10^{-5}$	Mn, V	B, Si	Al, Ba, Cr
$10^{-4}-10^{-6}$	Mo		Rb
$10^{-4}-10^{-7}$		Be	Ag
$10^{-5}-10^{-6}$	Co	Ni	Ga, Ce, As, Hg, Pb, Bi, Ti
$10^{-5}-10^{-7}$	Se		Sb, U

знаходиться в плазмі головним чином у вигляді іонів чи зв'язаний з білками, є необхідним для зсідання крові. Іони HCO_3^- і розчинена вугільна кислота утворюють бікарбонатну буферну систему, а іони HPO_4^- і $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ фосфатну буферну систему. У крові знаходиться ще ряд інших аніонів і катіонів, у тому числі мікроелементи.

Мікроелементи в організмах було виявлено на початку XIX ст., але фізіологічне значення залишалося невідомим. За сучасними даними, понад 30 мікроелементів вважаються необхідними для життєдіяльності рослин і тварин. Більшість з них це метали (якщо атомна маса понад 50, то їх називають важкими металами), а також деякі неметали (I, Se, Br, F, As).

В організмі мікроелементи входять до складу різноманітних біологічно активних сполук: ферментів, вітамінів, гормонів, дихальних пігментів. Дія мікроелементів, які входять до складу цих сполук, виявляється головним чином у зміні активності процесів обміну речовин в організмах. Деякі мікроелементи впливають на ріст (Mn, Zn, I - у тварин; B, Mn, Zn, Cu - у рослин), розмноження (Mn, Cu - у тварин; Mn, Cu, Mo у рослин), кровотворення (Fe, Cu, Co) та ін.

Мікроелементи у воді та ґрунтах входять до складу різних сполук, більшу частину з яких представлено нерозчинними формами і лише невелику - рухливими формами, які засвоюються організмами.

Нестача чи надлишок мікроелементів у воді та ґрунті призводить до дефіциту чи надлишку їх у тваринних і рослинних організмах.

При цьому відбуваються зміна характеру накопичення (депонування), послаблення чи посилення синтезу біологічно активних речовин, перебудова процесів обміну, вироблення нових адаптацій, можливі так звані ендемічні захворювання людини і тварин. У різних біогеохімічних провінціях, де концентрація мікроелементів не досягає нижніх порогових меж, ендемічні захворювання вдається попереджати і виліковувати додаванням у корми тварин відповідних мікроелементів; для рослин застосовуються мікродобрива. При відгодівлі худоби мікроелементи використовуються також для підвищення продукуючої функції тварин.

Основним джерелом надходження мікроелементів в організм людини є харчові продукти рослинного і тваринного походження. Питна вода задовольняє лише на 1-10% добову потребу в таких мікроелементах, як I, Cu, Zn, Mn, Co, Mo, і лише для окремих з них (F, Sr) є головним джерелом. Вміст різних мікроелементів у харчовому раціоні залежить від геохімічних умов місцевості, з якої надійшли продукти, а також від їх набору. Для населення розвинутих країн характерним є включення до харчового раціону різноманітних продуктів, значну частину з яких вироблено далеко від місця споживання. У результаті цього усувається вплив на людину геохімічних особливостей місцевості. Лише два мікроелементи можна вірогідно вважати етіологічними факторами ендемічних захворювань людини - I, нестача якого сприяє виникненню ендемічного зоба, і F, за надлишку якого виникає флюороз, а за нестачі - карієс.

Для F головним джерелом надходження в організм є вода, для I - молоко і овочі, тобто продукти, які, як правило, виробляються в районі проживання населення. Основним джерелом надходження в раціон більшості інших важливих мікроелементів є хлібопродукти.

Мікроелементи розподіляються в організмі нерівномірно. Підвищене їх накопичення у тому чи іншому органі значною мірою пов'язано з фізіологічною роллю елемента і специфікою діяльності органу (наприклад, переважне накопичення Zn у статевих залозах і його вплив на функцію відтворення). В інших випадках мікроелементи впливають на органи і функції, що пов'язано з місцем їхнього накопичення в організмі.

З віком людини вміст багатьох мікроелементів збільшується (Al, Ti, Cl, Pb, F, Sr, Ni), причому в період росту і розвитку це відбувається порівняно швидко, а після 15-20 років уповільнюється чи припиняється. Дослідження свідчать, що у віці 50-60 років вміст Co, Cu, Ni у крові Sr у скелеті стає дещо нижчим, ніж у 20-25 років. Деякі елементи знаходяться у крові в іонному стані, наприклад Li; близько 50% Sr і Ni входять до мінеральних структур кісток, емалі та дентину.

За значенням для життєдіяльності організму мікроелементи поділяють на необхідні (Co, Fe, Cu, Zn, Mn, I, F, Br) та ймовірно необхідні (Al, Sr, Mo, Se, Ni); роль Bi, Ag та інших, які є в тканинах організму, залишається нез'ясованою.

Функції мікроелементів в організмі є досить важливими різнобічними. Фізіологічну характеристику найважливіших мікроелементів наведено в табл. 1.3, в якій показано ефекти так званих біотичних кількостей (тобто кількостей, які зустрічаються в природі).

Таблиця 1.3. Основні фізіолого-гігієнічні характеристики найважливіших незамінних мікроелементів

Мікроелемент	Вміст у водних об'єктах, мг/л	Основні джерела надходження до організму	Вміст у добовому харчовому раціоні, мг	Добова потреба, мг/л	Тканини і органи, де накопичується елемент
Al	0-0,1	Хлібопродукти	20-100	2-50	Печінка, мозок, кістки
Br	0-0,25	Хлібопродукти	0,4-1,0	0,5-2,0	Мозок, щитовидна залоза
Fe	0,01-1,0	Хлібопродукти, м'ясо, фрукти	15-40	10-30	Еритроцити, печінка
I	0-0,3	Молоко, овочі	0,04-0,2	1,1-1,3	Щитовидна залоза
Co	0,01-0,1	Молоко, хлібопродукти, овочі	0,01-0,01	0,02-0,2	Кров, кістки, гіпофіз, печінка
Mn	0-0,5	Хлібопродукти	4-36	2-10	Кістки, печінка, гіпофіз
Cu	0-0,1	Хлібопродукти, картопля, фрукти	1-10	1-4	Печінка, кістки
Mo	0-0,1	Хлібопродукти	0,1-0,6	0,1-0,5	Печінка, нирки, очі
F	0-2,0	Вода, овочі, молоко	0,4-1,8	2-3	Кістки, зуби
Zn	0-0,1	Хлібопродукти, м'ясо, овочі	6-30	5-20	Печінка, простата, сімчатка

Усередині цих меж дія одного і того самого елемента може суттєво змінюватися. Наприклад, малі кількості Mn стимулюють кровотворення та імунореактивність, більші - пригнічують. За збільшення вмісту F у питній воді до 1-1,5 мг/л захворюваність карієсом знижується, а за перевищення 2-3 мг/л розвивається флюороз.

В організмі взаємодія спостерігається і між самими мікроелементами. Наприклад, Co ефективно діє на кровотворення лише за наявності в організмі в достатніх кількостях Fe і Cu; Mn підвищує засвоєння Cu; Cu є антагоністом Mo; F впливає на метаболізм Sr тощо.

У медичному застосуванні мікроелементів спостерігаються значні успіхи у галузі гігієни: йодування солі чи хліба для профілактики ендемічного зобу, фторування води для зниження захворюваності карієсом. Якщо ж F у природних водах багато, робиться дефторування води для зниження захворюваності флюорозом.

В останній час багато говориться про негативну роль важких металів (точніше їх солей) у зв'язку із забрудненням природних вод. Пов'язано це в першу чергу з широким застосуванням важких металів, яких налічується понад сорок, у промисловості (кольорові важкі метали Cu, Ni, Co, Pb, Sn, Zn, Cd, Bi, Sb, Hg) і можливістю надходження їх з виробничими стічними водами у водні об'єкти.

Значні концентрації важких металів у воді, які перевищують ГДК, можуть призводити до їх накопичення в печінці, нирках, кістках, легенях і головному мозку. Із зростанням небезпечної концентрації (а вивести важкі метали з організму швидко неможливо) відбуваються дегенеративне переродження клітин та дисфункція життєво важливих органів.

1.3. Гази

З навколишнього середовища, в першу чергу з повітря, яке містить 78% азоту, 21% кисню, 0,93% аргону, 0,03% вуглекислого газу, в організм безперервно надходить кисень, що споживається всіма клітинами, органами і тканинами. З організму виділяються вуглекислий газ, який в ньому утворюється, і незначна кількість інших газоподібних продуктів обміну речовин. Газообмін є необхідним майже для всіх організмів, без нього неможливий нормальний обмін речовин та енергії, а відповідно і саме життя.

Кисень, який надходить у тканини, використовується для окиснення продуктів, що утворилися в результаті довгого ланцюга хімічних перетворень вуглеводів, жирів і білків. При цьому виділяється CO_2 , вода, азотисті сполуки та вивільнюється енергія, яка використовується для підтримання температури тіла і виконання роботи. Кількість утвореного в організмі і виділеного CO_2 залежить не тільки від кількості спожитого O_2 , але і від того, що переважно окиснюється - вуглеводи, жири чи білки. Відношення виділеного з організму CO_2 до поглинутого за цей самий час O_2 називається дихальним коефіцієнтом, який приблизно дорівнює 0,7 при окисненні жирів, 0,8 - білків і 1,0 - вуглеводів. Кількість енергії, яка вивільнюється на 1 л спожитого O_2 , дорівнює 20,9 кДж (5 ккал) при окисненні вуглеводів і 19,7 кДж (4,7 ккал) при окисненні жирів.

Газообмін збільшується після споживання їжі, особливо багатой на білки. Найбільших величин газообмін досягає під час м'язової діяльності. У людини під час нормальної роботи газообмін збільшується, через 3-6 хв після її початку досягає певного рівня і потім утримується протягом усього часу роботи на цьому рівні. За інтенсивної роботи газообмін безперервно зростає, досягаючи максимального для даної людини рівня (максимальна аеробна робота). Роботу треба припинити, оскільки потреба організму в кисні перевищує цей рівень. Споживання кисню може збільшуватись з 200-300 мл/хв у стані спокою до 2000-3000 при роботі, а у добре тренованих спортсменів - до 5000 мл/хв. Відповідно збільшується виділення CO_2 і витрата енергії; одночасно відбуваються зміщення дихального коефіцієнта, пов'язані із зміною обміну речовин, кислотно-лужної рівноваги і легеневої вентиляції.

Гаси, які містяться у крові людини і тварин, знаходяться у розчиненому і хімічно зв'язаному стані. Гаси крові складаються з газів, які надходять з навколишнього середовища, і з газів, які утворюються в організмі. Вони надходять у кров і виділяються з неї шляхом дифузії. Вміст кожного з розчинених газів в артеріальній крові зумовлюється його парціальним тиском в альвеолярному повітрі і коефіцієнтом його розчинності у крові. Найбільш важливими є кисень і вуглекислий газ, які знаходяться в крові у розчиненому і зв'язаному стані. Вони утворюють сполуки, які легко розпадаються: CO_2 - солі, що входять у буферні системи крові; кисень, сполучаючись з

гемоглобіном, -оксигемоглобін. У результаті газообміну вміст газів у венозній і артеріальній крові є різним (табл. 1.4).

Таблиця 1.4. Вміст газів у крові людини (норма)

Газ	Парціальний тиск, мм рт.ст.	Вміст, % об'ємні (артеріальна кров)		Парціальний тиск, мм рт.ст.	Вміст, % об'ємні (венозна кров)	
		розчинений	зв'язаний		розчинений	зв'язаний
O ₂	90-100	0,28	18-20	35-45	0,12	12-15
CO ₂	37-41	2,5-2,6	44-48	42-47	2,8-3,0	48-53
N ₂	560-580	1	0	560-580	1	0
Інші гази	-	Сліди	Сліди	Сліди	-	Сліди

1.4. Токсичність радіоактивних елементів

Радіоактивність природних вод зумовлено присутністю в них радіоактивних елементів, які вимиваються з ґрунтів і гірських порід, а також надходять з атмосфери. У водах присутні як природні радіоактивні ізотопи (⁴⁰K, ²²²Rn, ²²⁶Ra, ²³⁸U та ін.), так і штучні (в основному ⁹⁰Sr, ⁹⁰Y, ¹³⁷Cs), які виникають внаслідок ядерних вибухів і аварій на ядерних об'єктах.

Штучні радіоактивні речовини надходять у воду разом з атмосферними опадами. Так, незважаючи на те, що в 1963 р. у Москві було підписано договір про заборону випробувань ядерної зброї в атмосфері, космосі та під водою, концентрація ⁹⁰Sr у природних водах безперервно зростала за рахунок глобального атмосферного перенесення.

Радіоактивне забруднення зумовлюється продуктами ділення ядер (наприклад, ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs, ¹⁴⁴Ce), наведеними радіоактивними нуклідами (³H, ²⁴Na, ⁵⁹Fe, ⁶⁰Co, ⁶⁵Zn та ін.), природно-радіоактивними важкими металами (U, Th, Ra та ін.) і штучними трансурановими елементами (Pu, Am, Cm та ін.).

Потрапляючи в річки, озера, моря й океани, радіоактивні речовини поглинаються водними рослинами і тваринами як безпосередньо з води, так і з попередньої ланки харчового ланцюга. З водоростей радіоактивні речовини переходять у зоопланктон, для якого водорості є їжею, а потім - в організм молосків, ракоподібних, риб. З поверхні

грунту через коріння та із атмосферних опадів через листя радіоактивні речовини надходять в рослини і, рухаючись за харчовим ланцюгом, а також з питною водою - в організм тварин, і сільськогосподарських включно, а разом з їх м'ясом і молоком - в організм людини. Зокрема, ^{90}Sr , потрапляючи в організм людини з овочами і молоком, може накопичуватись у кістковій тканині, особливо у дітей, ^{137}I - у щитовидній залозі. Згідно з тимчасовими допустимими рівнями вмісту радіонуклідів питома активність ^{137}Cs у питній воді становить $5 \cdot 10^{-10}$ Кі/л, ^{90}Sr - $1 \cdot 10^{-10}$ Кі/л.

Зростаюча роль атомної енергетики зумовила нові проблеми захисту природних вод від радіоактивного забруднення. 16 липня 1945 р. у штаті Нью-Мексико вперше було зроблено вибух ядерного пристрою. Через три тижні скинуто бомбу на Хіросіму.

На щастя, атомні бомби за піввіку було застосовано лише двічі. На основі відкриттів американських фізиків народилася мирна атомна енергетика. У 1951 р. у США створили атомну динамо-машину, яка давала струм лише для чотирьох електроламп. У 1954 р. запрацювала перша в історії радянська атомна електростанція в Обнінську. Зараз усього в світі на АЕС діє 424 реактори у 33 країнах, з них 109 реакторів - у США, 17 - в Україні на п'яти АЕС.

Шлях до цього проходив через великі та малі аварії на ядерних об'єктах, які завдали шкоди людуству. Можна назвати лише найзначніші з них: Південний Урал - Росія (1957 р.), Уіндскейл - Велика Британія (1957 р.), АЕС "Три-Майл-Айленд" - США (1979 р.), АЕС Чорнобильська - Україна (1986 р.).

Давно минула ейфорія з приводу "екологічної чистоти" АЕС. Так, у США після 1978 р. не надійшло жодного замовлення на будівництво атомного реактора АЕС для внутрішніх потреб. Небезпечність атомних реакторів - одна з причин кризи атомної енергетики. Але головна причина - це проблема захоронення відходів, які накопичуються при роботі реакторів. Надзвичайно гостро стоїть вона і для України.

Шкідливий вплив хімічних речовин внаслідок вмісту в них різних концентрацій радіоактивних елементів називається *токсичністю радіоактивних речовин*. Під дією іонізуючого випромінювання цих елементів відбуваються зміни у життєдіяльності та структурі живих

організмів (електромагнітне γ -випромінювання і потік заряджених α - і β - часточок).

Для біологічної дії іонізуючого випромінювання є характерними деякі загальні закономірності: 1) глибоке порушення життєдіяльності викликається дуже малими кількостями поглинутої енергії. Згідно з "теорією мішені", променеве ураження розвивається при потрапінні енергії в особливо радіочутливу частину клітини - "мішень"; 2) дія випромінювання не обмежується опроміненням організмом, а може поширюватися і на наступні покоління, що пояснюється впливом на спадковий апарат; 3) для дії іонізуючого випромінювання є характерний прихований (латентний) період, тобто розвиток променевого ураження спостерігається не одразу. Тривалість латентного періоду може коливатися від кількох хвилин до десятків років залежно від дози опромінення, радіочутливості організму тощо.

Зміни, які виникли в опромінених клітинах, призводять до порушень у тканинах, органах, життєдіяльності всього організму. Особливо вираженою є реакція тканин, у яких окремі клітини живуть порівняно недовго. Це слизова оболонка шлунка і кишечника, яка після опромінення вкривається виразками, що призводить до порушення травлення, а потім і виснаження організму, отруєння його продуктами розпаду клітин (токсимія) і проникнення бактерій, які живуть у кишечнику, в кров. Сильно ушкоджується кровотворна система, що призводить до різкого зменшення кількості лейкоцитів і зниження її захисних функцій. Одночасно зменшується і вироблення антитіл, а це ще більше послаблює захисні сили організму. Знижується і кількість еритроцитів, з чим пов'язано зміни у дихальній функції крові. Порушується статева функція і утворення статевих клітин.

Залежно від токсичності радіоактивні елементи поділяються на п'ять груп.

Група А - ізотопи з особливо високою радіотоксичністю, наприклад: ^{210}Pb , ^{210}Po , ^{226}Ra , ^{228}Th , ^{230}Th , ^{232}Th , ^{232}U , ^{237}Np , ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{241}Am , ^{242}Cm .

Група Б - ізотопи з високою радіотоксичністю, наприклад: ^{90}Sr , ^{106}Ru , ^{124}Sb , ^{126}I , ^{129}I , ^{131}I , ^{144}Ce , ^{170}Tm , ^{210}Bi , ^{223}Ra , ^{224}Ra , ^{227}Th , ^{230}U , ^{233}U , ^{234}U , ^{235}U , ^{241}Ru .

Група В - ізотопи з середньою радіотоксичністю, наприклад: ^{22}Na , ^{24}Na , ^{32}P , ^{35}S , ^{36}Cl , ^{54}Mn , ^{59}Fe , ^{60}Co , ^{82}Br , ^{89}Sr , ^{90}Y , ^{91}Y , ^{95}Nb , ^{95}Zr , ^{105}Ru , ^{125}Sb , ^{127}I , ^{134}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{141}Ce , ^{171}Tm , ^{203}Pb , ^{206}Bi , ^{231}Th , ^{239}Np .

Група Г - ізотопи з малою радіотоксичністю, наприклад: ^{14}C , ^{38}Cl , ^{55}Fe , ^{64}Cu , ^{69}Zn , ^{71}Ge , ^{97}Zr , ^{96}Tc , ^{99}Tc , ^{131}Cs , ^{134}Cs , ^{136}Cs .

Група Д - ізотопи з найменшою радіотоксичністю, наприклад ^3H .

Важливою характеристикою радіоактивних елементів є період напіврозпаду (початкова кількість радіоактивного елемента зменшується удвічі). Для різних радіонуклідів він коливається у значних межах. Наприклад, ^{131}I - 8 діб, ^{129}I - $1,72 \cdot 10^7$ років; ^{238}Pu - 92 доби; ^{239}Pu - $24 \cdot 10^4$ років; ^{137}Cs - 33 роки; ^{89}Sr - 51 доба; ^{90}Sr - 28 років; ^{238}U - $4,5 \cdot 10^9$ років.

У табл. 1.5 наведено одиниці вимірювання радіоактивності та співвідношення між ними.

Таблиця 1.5. Одиниці СІ та їх співвідношення з несистемними одиницями доз випромінювання

Величина та її символ	Одиниці СІ	Несистемні одиниці	Співвідношення між одиницями
Активність (А)	Бк-беккерель	Ки-кюри	$1 \text{ Бк} = 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ Ки}$
Поглинута доза (Д)	Гр-грей	Рад-рад	$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$
Еквівалентна доза (Н)	Зв-зіверт	Бер-бер	$1 \text{ Зв} = 100 \text{ Бер}$
Експозиційна доза (Х)	Кл/кг-кулон на кілограм	Р-рентген	$1 \text{ Кл/кг} = 3,88 \cdot 10^3 \text{ Р}$

1.5. Загальні гігієнічні вимоги до води, яка використовується людиною

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

У першу чергу, використання води населенням повинно бути безпечним в епідеміологічному відношенні. Вода не повинна містити

хвороботворних бактерій і вірусів. Водний шлях розповсюдження характерний для збудників холери, черевного тифу, паратифів і лептоспірозів (табл. 1.6), до певної міри також для збудників дизентерії, туляремії, епідемічного бруцельозу. З водою в організм людини можуть потрапляти цисти дизентерійної амеби, яйця аскаридів та ін. Епідеміологічна безпечність води досягається очисткою та знезараженням водопровідної води, шляхом проведення заходів санітарної охорони водних об'єктів.

Хімічний склад води здавна привертав увагу як можлива причина масових захворювань неінфекційного походження. Вміст у воді хлоридів, сульфатів і продуктів розкладання органічних речовин (аміак, нітрити і нітрати) розглядався лише як опосередкований показник небезпечного для здоров'я людини забруднення. Завдяки застосуванню нових методів дослідження було виявлено райони з нестачею або надлишком у воді тих чи інших мікроелементів. У цих районах спостерігаються своєрідні зміни флори і фауни. Через нестачу або надлишок надходження в організм мікроелементів з водою та їжею серед населення відзначаються характерні захворювання.

Раніше існувало уявлення про вміст нітратів у воді як про показник забруднення за рахунок господарської діяльності. Але виявилося, що підвищений вміст нітратів у підземних водах деяких регіонів має і природний характер (Молдова, Татарстан, район Владивостока). Використання в молочних сумішах для дитячого харчування води, яка містить підвищені концентрації нітратів, викликає в дітей метгемоглобінемію різного ступеня.

Перші водні інтоксикації було відзначено в другій половині XIX ст. в Західній Європі (свинцеві "епідемії") внаслідок застосування в той час свинцевих труб у водопровідній техніці. Свинець міститься і у воді підземних джерел, у концентраціях, які можуть сприяти накопиченню цього елемента в організмі людини.

Серед хімічних речовин, що виявляються в питній воді, можуть зустрічатися речовини, які за невеликих концентрацій змінюють органолептичні властивості води (запах, смак, прозорість та ін.). Найбільш часто органолептичні властивості води змінюються під впливом солей загальної мінералізації, заліза, марганцю, міді, цинку, а також залишкових кількостей сполук, які використовуються як реагенти при обробці води (наприклад, хлориди).

Таблиця 1.6. Токсичні та потенційно токсичні речовини і патогенні організми, які можуть потрапляти людині з водою, їжею та повітрям (зведення з різних джерел В.К.Хільчевського, 1998)

Речовина, організм	Джерело надходження в середовище	Вміст у середовищі, виробках	Надходження в організм людини	Захворювання
Речовини				
Азбест	Добування, виробництво і використання азбесту і виробів з нього	Азбестемп, покриття підлоги, топок, труб; у повітрі 10-100 нг/м ³ , але набагато більше в повітрі підприємств	З повітрям	Азбестоз (фіброз легень), рак легень, мезотеліома (рак плеври і черева)
Бор	Природні води	У питній воді борних провідників	З водою	Ураження нирок і шлунково-кишкового тракту, сіндроміти
ДДТ і споріднені хлорорганічні сполуки	Пестициди	У воді річок 0,2-100 нг/л, у повітрі 0,1-400 нг/м ³	З водою, їжею	Інтоксикація, можлива канцерогенна, мутагенна і тератогенна дія
Залізо	Промислове виробництво, природні води	Залізний посуд, природна вода	З їжею, водою	Цироз печінки, захворювання кровоносної системи

Речовина, організм	Джерело надходження в середовище	Вміст у середовищі, виробках	Надходження в організм людини	Захворювання
Йод	Морська вода, вулканічна діяльність, ґрунт	У деяких ґрунтах підвищений вміст, але 10% населення світу живе за ендемічної нестачі йоду	З водою, повітрям (ГДК 1 мг/м ³)	Рак щитовидної залози, ендемічний зоб та інші ендокринні захворювання за нестачі йоду
Кадмій	Витяжка кольорових металів, рудники, добрива, пестициди	У повітрі поблизу підприємств до 0,5 мкг/м ³ , звичайно 0,02-0,05 мкг/м ³ ; у містах 0,02-3,70 мкг/м ³ , а у віддаленні від них - 0,004-0,026 мкг/м ³	З водою (ГДК 0,01 мг/л), повітрям, їжею	Протеїнурія, ниркові захворювання, ітай-ітай, остеомаляція, рак прешагної залози
Кобальт	Вода, ґрунт	Інколи додається в пиво, міститься в повітрі та стічних водах, забруднює деякі харчові продукти	З водою, повітрям, їжею, пивом	Інтоксикація, поліцитемія, гіперліпемія, гіпергіреодизм, серцева недостатність, легочний пневмоконіоз
Марганець	Витяжка металів, добрива, рідке паливо	Накопичується в повітрі поблизу виробництв і в деяких предметах: лінолеум, сірники, гіротехнічні виробы, у повітрі вміст до 10 мкг/м ³	З повітрям	Прогресуючі ураження центральної нервової системи, латарія, синдром Паркінсона, гінемонія

Речовина, організм	Джерело надходження в середовище	Вміст у середовищі, виробках	Надходження в організм людини	Захворювання
Мідь	Мідні промислові виробки, ґрунт	У латунних електротехнічних виробках, посуді, хімікатах, барвниках	З водою, їжею	Інтоксикація, анемія, гепатити
Молібден	Ґрунт, природні води, виплавка металів	У сплавах, барвниках, склі, мастилах, багато в ґрунтах деяких районів	З повітрям (ГДК 4-5 мг/м ³), їжею, водою	Порушення центральної нервової системи, ендемічна атаксія, подагра
Арсен	Промислове виробництво, пестициди	Оброблений гербицидами ґрунт, зерно; у повітрі вміст до 0,02 мг/м ³ ; підвищення поблизу джерел викиду; у пиві до 15мкг/л	З водою (ГДК 0,05 мг/л), їжею, пивом	Інтоксикація, рак легень і шкіри, порушення функцій шлунка, меланоз шкіри, периферична неврити та ін.
Нікель	Промислове виробництво нікельованих виробів	Накопичується в морських організмах, у нікельованому посуді, у воді 1-70 мкг/л	З повітрям, їжею	Бронхіальний рак, дерматити, інтоксикація, алергія
Нітрати і нітри	Добрива, відходи тваринництва	У поверхневих водах звичайно до 10 мг/л, у повітрі до 1-40 мкг/м ³ ; у ґрунтових водах інколи понад 300 мг/л	З водою (ГДК нітратів 45 мг/л), їжею	Метгемоглобінімія

Речовина, організм	Джерело надходження в середовище	Вміст у середовищі, виробках	Надходження в організм людини	Захворювання
Нітрозостолуки	Добрива, пестициди, харчові добавки	В оброблених нітридами м'ясних продуктах, у рибних продуктах	З водою, їжею	Рак, мутагенні і тератогенні для
Озон і фотохімічні оксиданти	Бензokolонки і вихлопні гази автомобілів	Багато в повітрі великих міст з інтенсивним автомобільним рухом	З повітрям (ГДК 0,1-0,2 мг/м ³)	Подразнення слизових оболонок очей, носа, горла; астма, погіршення хронічних легоневих захворювань; зниження стійкості організму до патогенних мікробів
Оксиди азоту	Двигуни внутрішнього згорання	Багато в повітрі великих міст з інтенсивним автомобільним рухом	З повітрям	Інтоксикація, респіраторні захворювання
Оксид вуглецю (СО, чадний газ)	Сталковання органічного палива, металургія, сираретний дим, домашня печ	У сираретному диму до 4%, багато у вихлопних газах автомобілів, у погано працюючих домашніх печах	З повітрям	Інактивація гемоглобіну, розлад центральної нервової і серцево-судинної системи, артеріосклероз, тератогенні для

Продовження табл. 1.6

Речовина, організм	Джерело надходження в середовище	Вміст у середовищі, виробках	Надходження в організм людини	Захворювання
Діоксид вуглецю (CO_2), вуглекислий газ)	Сталювання органічного палива	У повітрі	З повітрям (ГДК 9000 мг/м ³)	Інтоксикація
Радіонукліди	Підприємства з добування, збагачення і переробки радіоактивних елементів, ядерні вибухи, аварії на АЕС та інших ядерних об'єктах, захоронення відходів	У воді водних об'єктів; накопичуються в гідробіонтах; концентруються в ґрунтах з радіоактивних викидів	З водою, їжею, повітрям	Радіаційні ураження; мутагенна канцерогенна дія
Ртуть	Добування та виробництво, пестициди, сталювання органічного палива	Звичайно в повітрі до 0,05 мкг/м ³ ; у прісних водах до 0,2, у морських - до 0,3; за забруднення води - до 5, у пунктах скидання промислових стічних вод - до 50 мкг/л	З водою (ГДК 0,001 мкг/л), повітрям (гари ртуті), їжею (ГДК до 0,3 мг на тиждень)	Інтоксикація, хвороба Мінамата, параліч, психічна неповноцінність, народження вроджених
Свинець	Вилавка металів, пестициди, двигуни внутрішнього згорання, придорожній пил, ґрунт нафтопродуктів	Звичайно у воді до 10 мкг/л, у морській воді до 7, у донних відкладах до 3000 мкг/л; у повітрі міст 2-4 мкг/м ³ , а в димі від них до 0,2 мкг/м ³ ; у ціпкових ґрунтах 8-20 мкг/кг, а в окультурених - до 300 мкг/кг	З повітрям (ГДК 0,01-0,02 мг/м ³), з водою (ГДК 0,1 мг/л), з їжею	Інтоксикація, ураження центральної нервової системи, печінки, нирок, мозку, статевих органів
Селен	Морські відклади, вода	Звичайно у воді 3-5 мкг/л, а поблизу родовищ до 50-300	З водою (ГДК 0,01 мг/л)	Кишкові порушення, дерматити

Речовина, організм	Джерело надходження в середовище	Виступ у середовищі, виробках	Надходження в організм людини	Захворювання
Стронцій (стабільний)	Грунт, природні води	Концентрується в грунтах, у карбонатних геохімічних бар'єрах	З водою, їжею	Порушення росту, формування кісток, уривська хвороба
Фосфор органічні сполуки	Пестициди	Залишкові кількості в продуктах харчування	З їжею, водою	Інтоксикація
Фтор	Природні води, алюмінієва та силікатна промисловість, добрива	У воді звичайно більше 0,5 мг/л; у повітрі міст 0,05 - 2 мкг/м ³ , а у віддаленні від них близько 0,1 мкг/м ³	З водою, повітрям	За надлишку - флюороз, зубна кисткова захворювання; за нестачі - зубна захворювання
Хром	Хімічна промисловість, підприємства з обробки шкіри	У сплавах, барвниках, дубильних речовинах, вогнетривкій цеглі	З повітрям, водою	Бронхіальний рак
Ціаніди	Хімічна промисловість, пестициди, біотехнології	Забруднюють воду, деякі харчові продукти	З водою (ГДК 0,05 мг/л), їжею	Інтоксикація
Цинк	Вилавка кольорових металів	В озонкованому посуді, в повітрі підприємств	З повітрям (ГДК 5 мг/м ³)	Інтоксикація
<i>Організми</i>				
Патогенні бактерії	Природні води, стічні води	Забруднена питна вода	З водою, їжею	Холера, багильярна дизентерія, черевний тиф, паратифи, гастроентерит, дитяча діарея, лептоспіроз, туляремія

Закінчення табл. 1.6

Речовина, організм	Джерело надходження в середовище	Вміст у середовищі, виробках	Надходження в організм людини	Захворювання
Віруси	Природні води, стічні води	Забруднена питна вода	З водою, їжею	Інфекційний гепатит
Паразити	Природні води	Забруднені природні води	З водою, їжею	Амебна дизентерія, дракункульоз, гельмінтози, опісторхоз, ехінококоз
			Умивання, прання, робота на воді	Местосоміазис, дерматит, анкілостомітоз, стронгілоїдоз
Комахи-носії	Природні води	Забруднені природні води	Проживання чи перебування поблизу водних об'єктів	Малярія, антропоцоз (річкова сліпота), жовта лихоманка, трипаносомоз (сонна хвороба), філяріатоз

Токсичні речовини і патогенні організми можуть потрапляти до людини не лише безпосередньо з питною водою. Шляхами їх надходження може бути контакт з водою (умивання, прання, робота на воді тощо), споживання їжі, приготовленої на забрудненій воді, дихання забрудненим повітрям (див. табл. 1.6).

2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ВОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

2.1. Водозабезпеченість і водокористування у світі

Відомо, що 2/3 поверхні нашої планети вкрито водною оболонкою. Загальна площа водних об'єктів на поверхні суші (льодовиків, озер, водосховищ, річок, боліт) становить 15% суші. Але якщо не враховувати льодовики, то на інші водні об'єкти суші залишається лише 4%. У табл.2.1 наведено загальну класифікацію водних об'єктів.

Таблиця 2.1. Загальна класифікація водних об'єктів

Тип	Вид
Водотік	Річка, канал, рівчак
Водойма	Озеро, водосховище, ставок, болото
Море	Окрейне, внутрішнє, територіальне (територіальні води)
Підземні води	Басейни, родовища, водоносні горизонти, порові води
Льодовик	Материковий, гірський

Загальний об'єм води у водних об'єктах становить близько 1390 млн км³, причому частка Світового океану - 96,4% (табл.2.2). З водних об'єктів суші найбільшу кількість води містять льодовики - 25,8 млн км³ (1,86% усіх вод на Землі). З цієї кількості води на льодовики Антарктики, Гренландії та островів Арктики припадає відповідно 89,8; 9,7 і 0,3%. На гірські льодовики залишається всього 0,2%.

До гідросфери відносять і частину підземних вод, які беруть участь у кругообігу води в природі (до глибин 2000 м від поверхні суші). Гідрологи оцінюють її в 23,4 млн км³, або 1,68% загального об'єму вод на Землі. Деякі дослідники наводять дещо більші величини: М.І.Львович - 60 млн км³, О.Ф.Макаренко - 86,4 млн км³.

Важливе значення має оцінка кількості на Землі прісної води - найбільш цінних для людини природних ресурсів. Усього на планеті 36,7 млн км³ прісних вод (3,64% загального об'єму). Із загальної кількості прісних вод на Землі на тверду фазу (лід) припадає 71%, на рідку - 29%.

Водні ресурси в широкому розумінні - це всі природні води Землі, представлені водами річок, озер, водосховищ, боліт, льодовиків, водоносних горизонтів, океанів і морів (див. табл. 2.2).

Таблиця 2.2. Запаси води на земній кулі

Види природних вод	Площа		Об'єм, тис. км	Частка від світових запасів, %		Середній період умовного відновлення запасів води
	млн км ²	% площі суші		від загальних запасів води	від запасів прісних вод	
Вода на поверхні літосфери						
Світовий океан	361	-	1338000	96,4	-	2650 років
Льодовики і постійний сніговий покрив	16,3	11	25800	1,86	70,3	9700 років
Озера, у тому числі прісні	2,1	1,4	176	0,013	-	17 років
Водосховища	1,2	0,8	91	0,007	0,25	-
Вода в річках	0,4	0,3	6	0,0004	0,016	52 дні
Вода в болотах	-	-	2	0,0002	0,0005	19 днів
	2,7	1,8	11	0,0008	0,03	5 років
Вода у верхній частині літосфери						
Підземні води, у тому числі прісні	-	-	23400	1,68	-	1400 років
Підземний лід зони багаторічної мерзлоти	-	-	10530	0,76	28,7	-
	2,1	14	300	0,022	0,82	10000 років
Вода в атмосфері та в організмах						
Вода в атмосфері	-	-	13	0,001	0,04	8 днів
Вода в організмах	-	-	1	0,0001	0,0003	Кілька годин
Загальні запаси води						
Загальні запаси води, у тому числі прісної	-	-	1388000	100	-	-
	-	-	36700	2,64	100	-

Водні ресурси у більш вузькому розумінні - це природні води, які використовуються для господарських потреб у даний час і можуть

бути використані у віддаленій перспективі. У такому розумінні водні ресурси є категорією не лише природною, але й соціально-історичною.

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

Статичні (вікові) запаси прісних вод представлені частиною водних об'ємів озер, льодовиків, підземних вод, яка не підлягає щорічним змінам. Вимірюють ці запаси в об'ємних одиницях (м^3 чи км^3).

Відновлювані водні ресурси оцінюють за допомогою рівняння водного балансу. У середньому для суші з усього об'єму атмосферних опадів 61% витрачається на випаровування, а 39% надходить у Світовий океан. Материковий стік і становить відновлювані водні ресурси земної кулі. Частіше за все під відновлюваними водними ресурсами розуміють лише частину материкового стоку, яка представлена стоком річок (41,7 тис. км^3 води на рік, або 35% атмосферних опадів на планеті). Тому з практичних позицій під водними ресурсами окремих держав або регіонів розуміють лише величину середньорічного стоку річок.

Стік води річок можна до певної міри використовувати для господарських цілей, тоді як статичні (вікові) запаси вод в озерах, льодовиках, водоносних горизонтах не можна вилучати на господарські потреби без завдання шкоди даному водному об'єкту або зв'язаним з ним річкам.

Запаси прісних вод зосереджено перш за все у верхньому шарі земної кори, великих озерах і льодовиках. Розподілені водні ресурси між континентами нерівномірно. Найбільші статичні (вікові) ресурси прісних вод мають Північна Америка і Азія, дещо менші - Південна Америка і Африка. Найменші ресурси мають Європа та Австралія.

Відновлювані водні ресурси (річковий стік) також розподілені по земній кулі нерівномірно. Найбільшу величину стоку має Азія (30% стоку всіх річок планети) і Південна Америка (26%), найменшу - Європа (7%) і Австралія з Океанією (5%). Найбільш забезпечено річковою водою (з розрахунку на одного жителя) населення Південної Америки і островів Океанії, найменш - населення Європи і Азії (тут зосереджено 77% населення планети і лише 37% світових запасів щорічно відновлюваних прісних вод).

З країн світу найбільші річкові водні ресурси мають Бразилія - 9230, Росія - 4270, США - 2850, Китай - 2600 км³ води на рік.

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

Стосовно використання води існує ряд понять і показників. Деякі з них вживаються в гідрологічній літературі, а в офіційних документах уже не фігурують. Було відомо два поняття: водокористування й водоспоживання, а відповідно - водокористувачі й водоспоживачі.

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

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

У наш час такий поділ до певної міри має умовний характер, оскільки важко провести чітку межу між водоспоживанням і водокористуванням. Тому у "Водному кодексі України" (1995) залишилося одне поняття "*водокористування*" - використання вод (водних об'єктів) для задоволення потреб населення і галузей економіки.

У підручнику ми прагнули дотримуватися термінології, яку визначено Державним стандартом України ДСТУ 3041-95 "Гідросфера. Використання і охорона вод. Терміни і визначення". Але це не завжди вдавалося, оскільки треба було розкрити походження термінів.

Воду, яку забирають з водного об'єкта водокористувачі, називають *свіжою водою*. Водопостачання (подача води користувачам) може бути *прямоточним* і *оборотним*. *Прямоточне водопостачання* - це подача води користувачу з наступним відведенням у водний об'єкт. *Оборотне водопостачання* - це система технічного водопостачання, в якій використана вода після відповідної обробки і охолодження знову використовується в тому самому технологічному процесі. Існує також

повторне використання води - подача раніш використаної на господарському об'єкті води на інший господарський об'єкт.

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

Сучасні втрати при безповоротному водокористуванні в середньому для Землі і окремих континентів змінюються від 0,6 (Південна Америка) до 9,6% (Азія) сумарного річного стоку річок, а до 2000 р. вони зростуть до 0,9-14,1%, що відносно небагато. Але всередині континентів є райони, де безповоротні втрати при водокористуванні досягають 51% (Північна Африка, Середня Азія), а в перспективі становитимуть 75% (І.О.Шикломанов, 1986). Значно знижується забезпеченість водою одного жителя (табл. 2.3). Таким чином, відбувається *виснаження вод* - зменшення величини поверхневого стоку або скорочення запасів підземних вод нижче допустимих меж.

Великими є контрасти забезпеченості чистою питною водою між окремими країнами. За даними І.С.Зонна, від 1 до 10% міського і від 5 до 60% сільського населення індустріально розвинутих країн Західної Європи не було охоплено у 80-ті роки системою централізованого водопостачання. У країнах, що розвиваються, ці контрасти є ще більшими. Так, в Єгипті водою забезпечено 94% міського населення і 93% сільського, в Сенегалі - відповідно 98 і 74%. Зовсім інша картина в Ліберії (100 і 6%), Кенії (97 і 2%), Мадагаскарі (87 і 1%), Габоні (6 і 0,1%). Населення половини країн, що розвиваються, отримує воду з водопроводу по кілька годин на добу. У Південно-Східній Азії ця частина населення становить 20%. У Судано-Сахельській зоні, на південь від Сахари, людина може розраховувати не більше, ніж на 10 л води на добу.

Річковий стік Європи становить 2850 км^3 води на рік, а водозабезпеченість на більшій її частині - від 100 до 5000 м^3 на рік на одного жителя. Найбільш забезпечені водою у 80-ті роки були Ісландія, Норвегія, Фінляндія, Росія (з урахуванням азійської частини території), найменше - Бельгія, Люксембург, Нідерланди (табл. 2.4).

Таблиця 2.3. Динаміка водозабезпеченості регіонів світу

Континент, регіон	Площа, млн км ²	Водозабезпеченість на одну людину, тис. м ³ /р.			
		1950	1960	1970	1980
Європа	10,28	5,9	5,4	4,9	4,6
Північна	1,32	39,2	36,5	33,9	32,7
Центральна	1,86	3,0	2,8	2,6	2,4
Південна	1,76	3,8	3,5	3,1	2,8
Східна	5,34	19,1	16,6	14,9	13,6
Азія	44,56	9,6	7,9	6,1	5,1
Північний Китай і Монголія	9,14	3,8	3,0	2,3	1,9
Південна	4,49	4,1	3,4	2,5	2,1
Західна	6,82	6,3	4,2	3,3	2,3
Південно-Східна	7,17	13,2	11,1	8,6	7,1
Середня Азія і Казахстан	2,43	7,5	5,5	3,3	2,0
Сибір і Далекий Схід	14,32	124	112	102	96,2
Закавказзя	0,19	8,8	6,9	5,4	4,5
Африка	30,1	20,6	16,5	12,7	9,4
Південна	8,78	2,3	1,6	1,1	0,69
Західна	6,96	20,5	16,2	12,4	9,2
Східна	5,17	15,0	12,0	9,2	6,9
Центральна	4,08	92,7	79,5	59,1	46,0
Південна	5,11	12,2	10,3	7,6	5,7
Північна Америка	24,17	37,2	30,2	25,2	21,3
Канада і Аляска	13,67	384	294	246	219
США	7,83	10,6	8,8	7,6	6,8
Центральна	2,67	22,7	17,2	12,5	9,4
Південна Америка	17,85	105	80,2	61,7	48,8
Північна	2,55	179	128	94,8	72,9
Бразилія	8,51	115	86	64,5	50,3
Західна	2,33	97,9	77,1	58,6	45,8
Центральна	4,46	34	27,8	23,9	20,5
Австралія	7,62	35,7	28,4	23,0	19,8
Океанія	1,34	161	132	108	92,4

У структурі використання водних ресурсів Європи більше половини загального водокористування (51%) йде на потреби промисловості, 34% - сільського господарства і 15% - на комунальне водопостачання. Динаміку водокористування в деяких промислово розвинутих країнах світу і в Україні наведено в табл.2.5. Як бачимо, у США ведеться планомірна політика скорочення водокористування, що досягається створенням замкнутих систем охолодження, збільшення частки повторного використання води і оборотних систем водопостачання, впровадження безводних технологій. У той самий час на комунальні

потреби використання води зростає. У багатьох країнах значну частку водокористування у сільському господарстві становлять витрати на зрошення (97% у США, 92% у Китаї).

У зв'язку з підвищенням рівня благоустрою міст і населених пунктів, оснащенням інженерним обладнанням споруд, розвитком системи централізованого водопостачання невідмінно зростає питоме водокористування з міських водопроводів. Найбільш високі у світі показники мала Болгарія - 614, Канада - 515, США - 506, Швейцарія - 414 л/добу на людину.

Таблиця 2.4. Водні ресурси та водокористування в країнах Європи

Країна	Населення, млн (1994)	Площа, тис. км ²	Річковий стік, км ³		Водозабезпеченість, тис. м ³ на р. на людину	Водозабір з річок, %	Водокористування, м ³ /р. на людину
			місцевий	транзитний			
Австрія	7,9	84	57,1	20	7,70	4,2	323
Албанія	3,0	29	22,2	-	10,20	0,9	92
Бельгія,							
Люксембург	10,5	33	11,0	-	0,94	26,3	250
Білорусь	10,1	208	34,1	21,9	5,58	3,0	277
Болгарія	8,9	111	17,8	85	2,10	46,1	966
Велика							
Британія	57,0	244	122,0	-	2,73	21,3	467
Греція	10,0	132	66,0	-	7,42	4,5	338
Данія	5,2	43	15,1	-	3,07	4,0	122
Естонія	1,5	45	10,9	4,7	10,1	17,2	201
Ірландія	3,6	70	40,2	-	13,7	0,5	68
Іспанія	40,0	505	76,0	-	3,88	38,8	886
Італія	58,0	301	185,0	-	2,98	21,6	745
Латвія	2,6	64	15,2	16,7	12,2	1,3	269
Литва	3,6	65	12,8	10,4	6,4	9,9	777
Нідерланди	15,0	41	10,2	79	0,78	24,5	192
Норвегія	4,2	324	376,0	-	96,9	0,4	361
Польща	38,0	313	53,0	5,0	1,72	29,6	478
Португалія	11,0	92	26,7	-	2,77	9,0	249
Росія	144,1	17075	4043	227	29,6	2,6	1153
Румунія	22,7	237	37,0	171	1,76	51,3	938
Угорщина	10,3	93	8,4	51	0,81	96,4	784
Фінляндія	5,0	337	100,0	-	22,5	3,3	702
Франція	57,0	574	168,0	-	4,57	25,0	827
ФРН	80,0	356	102,6	20	1,32	44,5	314

Країна	Населення, млн (1994)	Площа, тис. км ²	Річковий стік, км ³		Водозабезпеченість, тис. м ³ на рік на людину	Водо-забір з річок, %	Водо-корис-тування, м ³ /рік на людину
			місцевий	транзитний			
Чехія.							
Словачія	15,3	128	27,5	62	1,90	36,4	691
Швейцарія	65	41	42,0	-	7,28	9,6	637
Швеція	8,4	450	194,0	-	24,1	2,3	559
Югославія	23,5	256	110,0	117	5,99	2,4	132
Україна*	52,2	603,7	52,4	34,7	1,71	32,8	588

*Без стоку р. Дунай по Кілійському гирлу (123 км³/р.)

У деяких країнах застосовується опріснення морської води в обмежених розмірах для забезпечення питного водопостачання. Потужна дистиляційна установка працює в Казахстані на березі Каспійського моря, створена за часів Радянського Союзу в 1957 р. у м. Актау (колишнє м. Шевченко). Її продуктивність 157 тис. м³ прісної води на добу. Джерелом енергії є перша в світі АЕС на швидких нейтронах - Мангіншляцька. У США за допомогою АЕС опріснюється 600 тис. м³ на добу (вартість - 9 центів/м³), в Японії, Італії, Мексиці діють менш потужні установки, вартість 1 м³ прісної води - 10-20 центів.

Морська вода за певної водопідготовки широко використовується розвинутими країнами для водозабезпечення теплоенергетики. Уже в 1980 р. приблизно третина загальної потреби у воді теплоенергетики США покривалася за рахунок морської води, а до кінця століття її частка збільшиться не менше як до 60%. Треба зазначити, що широке використання морських вод є характерним не лише для США, але й для інших промислово розвинутих країн світу (Японія, ФРН та ін.). У 80-ті роки в опрісненні морських і високомінералізованих вод провідну роль стали відігравати країни Близького Сходу.

2.2. Водозабезпеченість і водокористування в Україні

Водні ресурси України є обмеженими і дуже нерівномірно розподіленими за територією. Як видно з табл. 2.6, сумарна величина стоку річок України без Дунаю в середній за водністю рік становить 87,1 км³, з них на території країни формується 52,4 км³ води. По Кілійському гирлу Дунаю проходить 123 км³ води в середньому за рік. Про нерівномірність розподілу водних ресурсів за територією

Таблиця 2.5. Динаміка водокористування в деяких промислово розвинутих країнах світу і в Україні

Країна	Водокористування, км ³ /р.			
	Загальне	Промисловість	Сільське господарство	Комунальне господарство
<i>1975 р.</i>				
Велика Британія	26,0	19,1	0,4	6,4
Іспанія	29,5	6,6	18,0	4,0
Італія	40,0	9,4	25,6	5,0
ФРН	18,7	13,4	1,7	3,6
Франція	42,0	24,0	14,0	4,0
США	466,4	83,0	224,1	36,4
Україна	28,7	17,1	8,9	2,7
<i>1985 р.</i>				
Велика Британія	73,2	60,0	3,2	10
Іспанія	32,9	10,0	19,9	3,0
Китай	467,0	50,0	404	13,0
Італія	68,0	21,8	36,7	9,5
ФРН	27,0	19,2	2,4	5,4
Франція	63,0	42,5	16,4	4,1
США	455,0	47,8	235,2	40,9
Україна	30,6	14,1	13,1	3,4
<i>1990 р.</i>				
Україна	40,6	18,04	18,4	4,2
США	439,0	168,1	226,8	44,1
<i>2000 р. (прогноз)</i>				
США	422,8	156,7	218,9	47,2
Китай	707,0	100,0	591,0	12

свідчать як сумарні запаси водних ресурсів (табл. 2.6 і 2.7), так величини шару річкового стоку (від 5-10 мм у Херсонській до 625 мм у Закарпатській області).

Запаси підземних вод у країні також розподілені нерівномірно. Близько 75% з них зосереджено у Волино-Подільському та Дніпровсько-Донецькому артезіанських басейнах. Слабко забезпечені підземними водами південні регіони та Донбас. Усього ж прогнозні запаси підземних вод в Україні за даними Держкомгеології становлять 22,5 км³ на рік, а експлуатаційні - 5,7 км³ на рік (табл. 2.8).

Запаси водних ресурсів в Україні на одного жителя становлять 1,7 тис.м³ на рік, що ставить її поряд з найменш забезпеченими водокористуючими країнами Європи (див. табл. 2.4). Уже зараз у деяких районах

забезпечення водою населення і народного господарства є незадовільним. До того ж різко погіршується якість води деяких джерел водопостачання в результаті їх забруднення стічними водами.

Усього за умовами господарсько-питного і культурно-побутового водокористування нормовано близько 1000 речовин, за умовами рибогосподарського водокористування - близько 400 речовин, які можуть забруднювати природні води в результаті скидання в них стічних вод.

На 1995 р. у 232 міських населених пунктах України якість питної води, яка подається централізованими водопроводами, мала відхилення від встановлених нормативів. Усього ж питна вода, яка за-

Таблиця 2.6. Водні ресурси, водозабезпеченість і водозабір областей України (середньобагаторічні)

Область	Площа, тис. км ²	Населення		Водні ресурси, км ³ /рік		Забезпеченість річковим стоком, тис. м ³ /р. на людину		Забір свіжої води, км ³ /р.
		тис. чол. (1995 р.)	% місь- кого	міс- цеві	су- марні	міс- це- вим	сумар- ним	
Вінницька	26,5	1953,4	44	2,47	11,0	1,26	5,63	1,27
Волинська	20,2	1031,8	49	2,18	4,05	2,11	3,92	0,19
Дніпропетровська	31,9	3829,9	83	0,87	53,0	0,23	13,9	4,08
Донецька	26,5	5337,9	90	1,02	4,40	0,19	0,82	3,63
Житомирська	29,9	1546,6	53	3,15	3,71	2,04	2,40	0,24
Закарпатська	12,8	1202,6	41	7,92	13,3	6,58	11,1	0,14
Запорізька	27,2	2045,3	76	0,62	53,0	0,30	25,9	4,23
Івано-Франківська	13,9	1374,6	42	4,59	9,40	3,34	6,84	0,30
Київська	28,9	4446,0	54	2,04	46,4	0,46	10,4	3,48
Кіровоградська	24,6	1228,7	60	0,95	50,2	0,77	40,9	0,26
Кримська АР	27,0	2362,4	70	0,91	091	0,38	0,38	3,07

Область	Площа, тис. км ²	Населення		Водні ресурси, км ³ /рік		Забезпеченість в річковим стоком, тис. м ³ /р. на людину		Забір свіжої води км ³ /р.
		тис. чол. (1995 р.)	% місь- кого	міс- цеві	су- марні	міс- це- вим	сумар- ним	
Луганська	26,7	2837,6	80	1,46	5,09	0,51	1,79	1,46
Львівська	21,8	2668,0	59	4,92	5,55	1,84	2,08	0,56
Миколаївська	24,6	1293,0	66	0,57	4,0	0,44	3,09	0,74
Одеська	33,3	2612,2	66	0,35	12,9	0,13	4,94	1,47
Полтавська	28,8	1722,4	57	1,94	51,5	1,13	29,8	0,52
Рівненська	20,1	1165,9	45	2,33	7,0	2,0	6,0	0,27
Сумська	23,8	1425,4	62	2,45	5,79	1,72	4,06	0,29
Тернопільська	13,8	1151,2	41	1,81	7,26	1,57	6,31	0,19
Харківська	31,4	3146,9	79	1,66	3,41	0,53	1,08	0,86
Херсонська	28,5	1220,0	61	0,14	54,4	0,11	44,6	2,02
Хмельницька	20,6	1527,7	47	2,14	9,82	1,40	6,43	0,37
Черкаська	20,9	1527,0	53	1,01	47,4	0,66	31,0	0,56
Чернівецька	8,1	914	42	1,23	10,1	1,35	11,0	0,12
Чернігівська	13,9	1428,3	53	3,45	29,6	2,42	20,7	0,30
Усього по Україні	603,7	52160,0	67	52,4	87,1	1,03	1,71	30,6

Таблиця 2.7. Водні ресурси великих, середніх і малих річок України, км³

Річка - пункт	Площа водозбору, км ²	Забезпеченість			
		норма	50%	75%	95%
Дніпро-гірло	504000	53,9	51,7	43,5	35,0
Сіверський Донець - м. Лисичанськ	52400	3,53	3,28	2,41	1,48
Ріки Приазов'я	28000	1,13	1,00	0,61	0,30
Ріки (притоки) у гірлі Південного Бугу (Інгул, Мертвовод, Чичикля, Гнилий Сланець)	13000	0,34	0,28	0,18	0,10
Дністер - м. Бендери (Молдова)	66100	10,7	10,4	8,64	6,56

Річка - пункт	Площа водозбору, км ²	Забезпеченість			
		норма	50%	75%	95%
Ріки межиріччя Дунай - Дністер - Південний Буг	30000	0,28	0,24	0,18	0,05
Прут - с. Леово	23400	2,68	2,58	2,06	1,45
Західний Буг - м. Сокаль	6250	0,90	0,86	0,65	0,43
Тиса - смт Виток	9180	6,72	6,56	5,36	3,94
Уж - м. Ужгород	1970	0,96	0,93	0,75	0,53
Латориця - м. Чоп	2870	1,17	1,12	0,90	0,65
Усі ріки		87,66	85,1	71,7	55,9

Таблиця 2.8. Розвіданість та використання підземних вод (ПВ) у 1993 р. (за даними Держкомгеології), км³/р.

Області	Прогнозні ресурси ПВ	Експлуатаційні запаси ПВ		Загальне використання ПВ	Використання ПВ, %	
		кількість родовищ	запаси		від експлуатаційних запасів	від прогнозних ресурсів
Вінницька	0,32	42	0,05	0,07	145	21
Донецька	0,90	85	0,38	0,64	166	71
Житомирська	0,23	35	0,07	0,09	117	41
Закарпатська	0,39	13	0,12	0,09	71	21
Запорізька	0,57	12	0,11	0,13	119	24
Івано-Франківська	0,28	22	0,10	0,07	67	24
Київська	1,54	86	0,70	0,25	36	16
Кіровоградська	0,15	36	0,08	0,11	148	78
Кримська АР	0,47	57	0,42	0,24	85	51
Луганська	1,75	59	0,64	0,89	138	51
Львівська	1,33	51	0,48	0,36	74	27
Миколаївська	0,16	10	0,03	0,06	191	34
Одеська	0,27	30	0,12	0,10	77	35
Полтавська	1,57	33	0,28	0,18	64	11
Рівненська	1,32	30	0,17	0,11	68	9
Сумська	1,25	24	0,21	0,14	66	11
Тернопільська	0,81	15	0,10	0,11	113	10
Харківська	1,50	32	0,38	0,17	44	11
Херсонська	1,81	31	0,34	0,28	85	16
Хмельницька	0,72	43	0,16	0,13	80	18
Черкаська	0,66	37	0,11	0,11	107	17
Чернівецька	0,15	10	0,06	0,03	53	22
Чернігівська	3,04	27	0,19	0,14	76	5
Усього	22,5	858	5,7	4,8	85	21

хімічними показниками не повністю відповідає діючому стандарту, становила близько 17% від загального водокористування. Якість води, якою користується населення у сільській місцевості, необхідним чином взагалі не контролюється.

Першочерговим завданням для комунальних служб із забезпечення населення якісною водою може бути максимальне використання підземних вод, суттєво більш чистих. Причому, як зазначають В.В.Гончарук і С.С.Ставська (1994), не припустимим у практиці водопостачання міст повинно стати змішування підземних вод і поверхневих. І як негативний приклад наводять організацію системи водопостачання населення в м.Києві, в якому високоякісна артезіанська вода сеноманського і юрського горизонтів (до 300 тис.м³/добу) подається у загальний колектор, змішуючись з менш якісною дніпровською і деснянською водою, при цьому не поліпшуючи якості останньої.

Держводгосп України відзначає, що зростаюче скидання та фільтрація високомінералізованих шахтних і кар'єрних вод з підприємств Кривого Рогу призводить до забруднення води р.Ігулець, створює загрозу засолення зрошуваних земель в її басейні та перебоїв у водопостачанні м.Миколаєва. Складний стан у басейні р.Самара викликано скиданням шахтних вод Донбасу. Високий рівень забруднення води р.Сіверський Донець у межах Донецької та Луганської областей зумовлено надходженням стічних вод підприємств хімічної промисловості.

Напружена ситуація з водопостачанням склалася у межиріччі Дніпро - Сіверський Донець, у Запорізькій та Дніпропетровській областях. Певним вирішенням цієї проблеми могло б стати будівництво Каховського магістрального каналу та наступної черги каналу Дніпро -Донбас.

Залишається невирішеною проблема водопостачання південних районів країни (Одеська і Миколаївська області). До того ж через обмежені водні ресурси й забруднення води р.Дністер виникли проблеми з її використанням. Висунутий свого часу проект розв'язання проблеми водопостачання в комплексі будівництва каналу Дунай - Дніпро не було реалізовано через недостатню екологічну обґрунтованість доцільності цього будівництва. Планувалося для каналу з Кілійського гирла відбирати близько 35 км³ води на рік.

Зараз в Україні діє, а також планується уведення ряду водоводів, які повинні суттєво впливати на водопостачання окремих районів (табл.2.9).

Використання прісної води в Україні за останні 15 років становило близько 28-30 км³/р. Найбільш значним водокористувачем є промисловість, частка якої становила 45% від загального водокористування, на сільське господарство припадало 40% і житлово-комунальне - 15% (табл. 2.10). У басейнах річок розташовано понад 10 тис. водозаборів.

На початку 90-х років водокористування знизилось до 25 - 26 км³ прісної води на рік, що зумовлено загальним спадом виробництва. Згідно з "Водним кодексом України" (1995), водокористувачі можуть бути первинними і вторинними.

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

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

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

Спеціальне водокористування - це забір води з водних об'єктів із застосуванням споруд або технічних пристроїв та скидання в них зворотних вод (задоволення питних потреб населення, а також господарсько-побутових, лікувальних, оздоровчих, сільськогосподарських, промислових, енергетичних, транспортних, рибогосподарських та інших державних і громадських потреб).

За даними Держводгоспу в Україні у 1992 р. було забрано 29,7 км³ води з природних джерел, з них 24,0 км³ - з річок, озер і водосховищ (81%), 4,8 км³ - з підземних джерел (16%), 0,9 км³ - з морів (3%). Безпосередньо на потреби різних галузей народного господарства

використано 24,1 км³ води (78%), 4,4 км³ води йде на перерозподіл між річковими басейнами чи всередині басейнів (15%) і 1,2 км³ забирається під час видобутку корисних копалин (4%).

Таблиця 2.9. Водоводи в Україні (діючі й ті, що проектується)

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

У 1994 р. в Україні використано 23,6 км³ свіжої прісної води, в том числі у промисловості 11,2 км³ (47%), на господарсько-питні потреб - 4,6 км³ (19%), на зрошення земель - 5,4 км³ (23%), на сільськогосподарське водопостачання - 1,6 км³ (7%), на інші потреби 0,9 км³ (4%). Порівняно з попереднім роком використання свіжої прісної

Таблиця 2.10. Структура повного і безповоротного водокористування галузями народного господарства України, %

Галузь	Повне водокористування	Безповоротне водокористування
Промисловість	45	21
Сільське господарство	40	64
Комунальне господарство	15	15
Усього	100	100

води зменшилося на 2,3 км³. Безповоротне водокористування становило 12,5 км³.

У промисловості найбільш значним водокористувачами енергетика, яка забирає 60% усієї свіжої води і 53% оборотної, чорна металургія - 17 і 22%, хімічна і нафтохімічна - 6 і 10%, харчова промисловість - 5 і 3%. Ці самі водомісткі галузі використовують близько 83% всієї забраної води у промисловості.

У системах оборотного водопостачання у промисловості використовується 58,4 км³. За рахунок впровадження оборотних

систем водопостачання досягнуто економії свіжої води, %: у паливній промисловості - 89, чорній металургії - 83, хімічній і нафтохімічній - 87, лісовій - 68. За рахунок впровадження оборотного водопостачання зменшується об'єм скидання стічних вод.

Певне зменшення темпів водокористування за останні роки (табл. 2.11) зумовлено уведенням нових систем оборотного водопостачання, заміною водяного охолодження технологічного обладнання на повітряне і впровадженням безстічних систем водокористування (у країні діє понад 110 підприємств з безстічними системами водокористування, які забезпечують щорічно економію понад 8,0 км³ свіжої води).

Використання води у промисловості може скорочуватись завдяки змінам у технології виробництва і впровадженню систем оборотного водопостачання. Наприклад, на Трипільській ДРЕС використання води зменшилось на 275, Запоріжсталі на 81,4, Лисичанському содовому заводі - на 33,8 тис.м³/р. При переході теплової електростанції з прямоточної на оборотну систему водопостачання витрата води зменшується у 13 разів. Використання оборотної системи водопостачання при виробництві 1 т сталі скорочує витрату води в 10 разів, 1 т хлору і каустичної соди - у 9,1 рази, 1 т сірчаної кислоти - в 10-16 разів, 1 т феросплавів - в 6-10 разів.

Для стабілізації водокористування треба також забезпечити економію води, більш широке залучення до господарського обігу морських та високомінералізованих підземних вод, скорочення витрат питної води на непитні потреби, підвищення водовіддачі існуючих водних джерел і захист їх від забруднення. Треба зазначити, що в Україні вже використовуються морські води в народному господарстві (табл. 2.12), найбільша їх кількість - у Донецькій області йде на потреби чорної металургії в м.Маріуполі (795 млн.м³), значно менше в Криму - 96, Одеській - 57 і Херсонській областях - 1 млн м³.

Згадані вище заходи нададуть можливість вдвічі скоротити питомі витрати води на одиницю продукції в промисловості, залишити водокористування на сучасному рівні до 2005 р. За даними Держводгоспу, вже зараз у Південному економічному районі витрати води на одиницю промислової продукції є вдвічі нижчими, ніж у цілому в державі.

У житлово-комунальному господарстві резервом економії води є зменшення втрат у мережах водопостачання, які досягають 0,6 км³ води на рік, і недопущення використання питної води на технічні потреби, що становить близько 20%. У табл. 2.13 наведено дані про використання води у найбільших містах України на господарсько-питні потреби.

Сільськогосподарське водопостачання. За даними Держводгоспу, населення більшості з 28,7 тис. сільських населених пунктів України користується питною водою із шахтних колодязів (криниць). Лише близько 13-15% сільського населення бере питну воду з локальних водопроводів, 0,2 - 0,5% населення забезпечено централізованими водопроводами із вводами у будинки.

Періодичні перевірки якості води шахтних колодязів показують, що вона часто не відповідає санітарним вимогам, особливо у бактеріологічному відношенні.

*Таблиця 2.11. Динаміка водокористування в Україні, км³
(1 - всього, 2 - в тому числі безповоротне)*

Користувачі	1960		1970		1980		1990	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Комунальне господарство	1,0	0,6	1,9	1,10	3,5	1,8	4,18	2,09
Промисловість	11,8	2,1	16,5	3,6	17,7	2,8	18,04	4,7
Сільське господарство	3,1	2,8	7,0	6,1	10,8	9,5	18,44	16,6
Випарування		3,6		4,6		5,1		5,2
Санітарно-екологічний мінімум		23,9		23,9		23,9		23,9
Усього	15,9	33,8	25,4	41,0	31,8	46,5	40,66	57,49

Практично відсутня спеціальна служба експлуатації сільських водопроводів, не налагоджено облік води, яка надходить на господарсько-питні цілі, немає регулярного контролю за якістю водопровідної води.

У зв'язку з цим було прийнято постанову Кабінету Міністрів України "Про водопостачання сільських населених пунктів України" (1992 р.), яка передбачає розширення будівництва нових централізованих водопроводів і паспортизацію існуючих водопроводів у сільських населених пунктах.

2.3. Водовідведення в Україні

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

Стосовно питання водовідведення у "Водному кодексі України" (1995 р.) розрізняють два терміни - "вода зворотна" і "вода стічна".

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

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

Таблиця 2.12. Забір і використання морської води у різних галузях народного господарства України в 1993 р. (за даними Держводгоспу), млн м³

Галузь	Забір	Використано
Промисловість	923	920
електроенергетика	95	81
чорна металургія	796	808
хімічна і нафтохімічна промисловість	6	6
машинобудування і металообробка	2	2
харчова промисловість	17	17
рибна промисловість	7	7
Транспорт	18	17
Торгівля і громадське харчування	2	2
Комунальне господарство	3	3
Охорона здоров'я, фізкультура	2	2
Усього	948	945

У водогосподарській практиці за ступенем забруднення стічні води поділяються на неочищені (зовсім не очищалися від забруднюючих речовин), недостатньо очищені (очищалися, але не доведені до якості, яка б відповідала правилам відведення стічних вод), нормативно очищені (стічні води, відведення яких не призводить до порушення норм якості води у водному об'єкті).

За походженням стічні води поділяються на чотири основні категорії: господарсько-побутові, промислові, сільськогосподарські і

зливові, або дощові (з територій міст і населених пунктів). На початку 90-х років на території України діяло понад 2,8 тис. очисних споруд із самопливним випуском стічних вод у водні об'єкти, з них споруд біологічної очистки - близько 60, механічної - 35, фізико-хімічної - 5%.

Таблиця 2.13. Використання води на господарсько-питні потреби в найбільших містах України в 1995 р. (за даними Держводгоспу)

Міста	Кількість жителів, тис. осіб	Використано води на господарсько-питні потреби, км ³	Питоме водокористування на людину, л/добу
Вінниця	383	0,05	351
Луцьк	185	0,03	342
Луганськ	509	0,09	495
Дніпропетровськ	1182	0,24	555
Донецьк	1090	0,16	404
Маріуполь	529	0,09	465
Житомир	287	0,04	354
Запоріжжя	875	0,16	500
Івано-Франківськ	225	0,03	340
Київ	2544	0,45	486
Кіровоград	269	0,04	398
Львів	767	0,13	460
Миколаїв	501	0,07	356
Одеса	1141	0,18	440
Полтава	309	0,04	346
Рівне	233	0,03	412
Суми	268	0,04	410
Севастополь	350	0,07	516
Тернопіль	197	0,03	430
Ужгород	111	0,02	370
Харків	1587	0,26	448
Херсон	358	0,05	406
Хмельницький	2330	0,03	380
Сімферополь	338	0,06	503
Черкаси	287	0,04	363
Чернівці	254	0,02	259
Чернігів	291	0,04	330
Усього	15300	2,5	

На них очищали 7,2 млрд м³ вод на рік, що становило 97% загальної кількості стічних вод, які вимагають очистки (7,42 млрд м³).

У той самий час В.В.Гончарук відзначає, що внаслідок випереджаючого будівництва житла, об'єктів соціально-культурного побуту і промисловості, незбалансованого розвитку міських водогосподарських

комплексів диспропорція між потужностями системи водопостачання і очисних споруд каналізації досягла в Україні на середину 90-х років 1 млн м³/добу і продовжує збільшуватися.

Крім стічних вод, водні об'єкти забруднюються поверхневим стоком з території міст, підприємств і сільгоспугідь. У табл. 2.14 наведено дані про скидання стічних вод різного ступеня очистки. Як видно з таблиці, найбільші об'єми стічних вод скидають Запорізька, Дніпропетровська і Київська області.

У глибокі підземні горизонти, які надійно ізольовані, скидаються стічні води (близько 19 млн м³/р.), очистка і використання яких зараз не є можливими з техніко-економічних міркувань. Відбувається також зворотнє закачування підземних вод, які надходять на поверхню при видобутку нафти і газу.

Скидання стічних вод - це не просто надходження у водні об'єкти забруднених водних мас, це поява в природних водах значної додаткової кількості завислих і розчинених речовин (табл. 2.15).

Якщо порівняти об'єми скидання речовин у водні об'єкти із стічними водами по основних галузях господарства (табл. 2.16), то видно, що найбільше завислих речовин надходить із стічними водами комунального господарства (127 тис.т), хімічної, нафтохімічної та мікробіологічної промисловості (65 тис.т). Розчинених солей також найбільше постачають стічні води комунального господарства (2018 тис.т), хімічної, нафтохімічної, мікробіологічної (1333 тис.т) і вугільної промисловості (1050 тис.т).

Важливою є проблема утримання всього складного господарства водопостачання й каналізації на достатньому технічному експлуатаційному рівні. Адже технологічні порушення можуть призводити до небезпечних наслідків, навіть екологічних катастроф, як це сталося в Харкові в липні 1995 р. У результаті елементарної неготовності до прийняття великої кількості зливових вод під час рясної зливи через технічну несправність більшості насосів (з 9 насосів працювало тільки 3) було затоплено насосну станцію, яка перекачує стічні води міста на очисні споруди. За офіційними зведеннями, у перші дні аварії у місті стічні й зливові води затопили 61 підвал та 2833 квартири будинків місцевих Рад, 237 будинків приватного сектора, пошкодили 60 шкіл, 57 дитячих дошкільних закладів, 76 тис.м² асфальтних доріг. Найбільш потерпіли річки Лопань, Харків та Уди,

отруєні стічними водами двох-мільйонного міста. Почалася масова загибель риби. Через два тижні загроза припинення водопостачання нависта над населенням чотирьох областей України та Росії, які знаходяться в басейні Сіверського Дінця. Ліквідація аварії тривала кілька тижнів.

Подібна аварія трапилася в 1994 р. у Києві, але її було ліквідовано без серйозних наслідків.

У 80-ті роки в результаті прориву у ставку-накопичувачу Стебниківського комбінату калійних добрив (Львівська область) велика кількість промислових стічних вод потрапила через гідрографічну мережу до р.Дністер. На певний час було сильно порушено екологічну ситуацію в басейні Дністра, під загрозою опинилося водопостачання м.Одеси, а також деяких міст Молдови.

Басейн Дніпра містить близько 2/3 водних ресурсів України. За даними Мінекобезпеки України, на території басейну Дніпра в Україні проживає 22 млн осіб у 19 адміністративних областях. Водою Дніпра забезпечується 2/3 населення України (понад 30 млн осіб), а також 50 великих міст та промислових центрів, близько 10 тис. підприємств, 53 великі зрошувальні системи площею понад 1,2 млн га.

За співвідношенням об'ємів водокористування і наявних місцевих водних ресурсів, що формуються в маловодний рік, надзвичайно високим рівнем експлуатації виділяються Київська, Черкаська, Кіровоградська, Донецька, Дніпропетровська, Запорізька, Херсонська області, в яких водозабір у кілька разів перевищує місцеві водні ресурси.

Наприкінці 80-х років господарським комплексом у басейні Дніпра і за його межами забиралося 24,8 км³/р. дніпровської води. Найбільша частка цього об'єму припадає на виробничі потреби - 13,0 км³/р. (54%); для потреб зрошування - 7,4 км³/р. (31%); на господарсько-побутові потреби населення - 2,7 км³/р. (11%); на сільськогосподарське водопостачання - 0,9 км³/р. (4%). Безповоротне водопостачання становить 12,7 км³/р. (близько 50%).

Найбільшого господарського впливу зазнають малі річки басейну Дніпра. Об'єм водозабору з них досягає 2,1 км³/р., у тому числі з підземних горизонтів 0,9 км³. Водними ресурсами малих річок забезпечується 18% усіх народногосподарських потреб у басейні Дніпра. Це в основному сільгоспводопостачання (60%) та зрошення

(38%). У малі річки скидається 15% всіх стічних вод у басейні та 6% - забруднених.

У межах Житомирської, Рівненської, Сумської, Чернігівської, Київської і Полтавської областей розміщено 62% площі водозбору, на якій формується 75% місцевого стоку Дніпра, а водозабір, безповоротне водокористування і скидання забруднених стічних вод на цій території становить відповідно: 26,15, і 14%. У той самий час у межах Дніпропетровської, Запорізької і Херсонської областей, на які припадає 19% площі водозбору, формується лише 6% місцевого стоку Дніпра, а водозабір, безповоротне водокористування (з урахуванням Криму) і скидання забруднених стічних вод становить відповідно 67,73, і 79%. Лише з промислових підприємств Дніпропетровська, Нікополя, Павлограда, Запоріжжя і Кривого Рогу скидається 70% всього об'єму

Таблиця 2.14. Скидання стічних вод різного ступеня очистки у поверхневі водні об'єкти по областях України

Область	Об'єм стічних вод, %	Скидання стічних вод різного ступеня очистки, %				
		неочищених і недостатньо очищених	нормативно очищених	нормативно очищених на спорудах		
				біологічної очистки	фізико-хімічної очистки	механічної очистки
Вінницька	4,8	0,2	93,7	6,0	-	0,1
Волинська	0,5	2,1	29,0	53,1	-	14,9
Дніпропетровська	16,7	14,0	75,1	9,2	0,2	1,5
Донецька	13,0	4,0	51,2	19,3	0,6	24,9
Житомирська	0,8	27,8	37,3	33,8	0,1	1,0
Закарпатська	0,4	6,3	40,8	47,6	0,1	5,2
Запорізька	18,6	4,8	90,8	3,9	0,1	0,4
Івано-Франківська	0,9	19,9	56,1	19,9	3,6	0,5
Київська	14,2	0,4	81,5	18,1	0,0	0,0
Кіровоградська	0,8	12,8	41,7	15,8	2,3	27,4
Кримська АР	3,1	5,1	55,8	16,2	3,3	19,6
Луганська	5,3	9,9	47,0	18,6	2,0	22,5
Львівська	1,8	6,4	19,1	61,1	12,6	0,8
Миколаївська	1,0	12,9	56,6	29,8	-	0,7
Одеська	6,4	12,2	79,0	7,3	0,9	0,6
Полтавська	1,2	3,4	65,3	31,1	-	0,2

Область	Об'єм стіч- них вод, %	Скидання стічних вод різного ступеня очистки, %				
		неочище- них і недостат- ньо очище- них	норма- тивно очище- них	нормативно очищених на спорудах		
				біоло- гічної очистки	фізико- хімічної очистки	механічної очистки
Рівненська	0,7	1,1	50,1	30,0	0,6	18,2
Сумська	0,7	33,8	37,2	27,2	1,8	-
Тернопільська	0,5	4,8	55,2	39,3	-	0,1
Харківська	2,4	3,5	24,2	68,9	0,4	3,0
Херсонська	2,4	0,9	80,0	18,6	0,1	0,4
Хмельницька	1,0	3,8	68,3	27,4	0,1	0,4
Черкаська	1,5	1,1	66,6	27,1	3,3	1,9
Чернігівська	0,9	1,8	69,2	28,7	0,2	0,1
Чернівецька	0,4	2,2	48,0	49,4	-	0,4
Усього по Україні	100	6,6	70,5	16,2	0,7	0,6

Таблиця 2.15. Скидання завислих і розчинених речовин у водні об'єкти із стічними водами по областях України, тис. т

Область	Завислі речовини	Сухий залишок	Область	Завислі речовини	Сухий залишок
Вінницька	3,03	40,2	Миколаївська	6,3	115
Волинська	1,11	42	Одеська	31,8	156
Дніпропетров- ська	31,4	313,7	Полтавська	2,7	77
Донецька	12,8	1063	Рівненська	1,5	91
Житомирська	7,1	61,3	Сумська	6,4	76,5
Закарпатська	1,54	21,5	Тернопільська	1,7	24,6
Запорізька	17,4	233	Харківська	4,9	136
Івано- Франківська	5,2	118	Херсонська	2,3	118
Київська	9,2	334	Хмельницька	2,1	27
Кіровоградська	1,7	73,2	Черкаська	2,3	91
Кримська АР	17,7	201	Чернігівська	2	56
Луганська	68,8	1553	Чернівецька	0,9	38
Львівська	12,7	213	Усього по Україні	254,6	5273

Таблиця 2.16. Скидання завислих і розчинених речовин у водні об'єкти із стічними водами по основних галузях народного господарства України, тис. т

Галузь	Завислі речовини	Сухий залишок
Енергетика	12	38
Комунальне господарство	117	2018
Сільське господарство	2	17
Чорна металургія	25	224
Рибне господарство	1	18
Вугільна промисловість	5	1050
Хімічна, нафтохімічна, мікробіологічна промисловість	67	1333
Харчова промисловість	4	50
Машинобудування	2	76
Лісова і целюлозно-паперова	1	24

забруднених стічних вод у басейні Дніпра, а в Дніпропетровській і Запорізькій областях об'єм забруднених стічних вод у 5 - 9 разів перевищує місцеві водні ресурси.

Загальне водовідведення від промислових підприємств у басейні Дніпра на початку 90-х років становило 8,8 млрд м³/р., з них без очистки - 40,8 млн м³/р., недостатньо очищених - 0,5 млрд м³/р. (табл. 2.17). Використання в промисловості води через оборотні системи водопостачання досягло 42,0 млрд м³/р., що становить 83,4% (за оптимальних 97-97,5%) від загального об'єму води, яка використовується промисловими підприємствами.

Стічні води після біологічних очисних споруд населених пунктів об'ємом 1,6 млрд м³/р. майже у повному об'ємі скидаються у водні об'єкти. Неефективна очистка стічних вод на біологічних спорудах має місце через їх перевантаження і недотримання у багатьох випадках умов скидання промислових стічних вод у каналізацію населених пунктів, у результаті чого очистка стічних вод біологічними методами буває просто неможливою. Так, за даними Мінекобезпеки, у 1992 р. забруднені стічні води у річки і водойми потрапляли від біологічних очисних споруд 113 населених пунктів басейну Дніпра, у тому числі від міст Києва, Дніпропетровська, Запоріжжя, Кривого Рогу, Полтави, Кременчука, Черкас, Херсона, Чернігова, Рівного.

У результаті відведення промислових і побутових стічних вод у трансформовану водну систему басейну Дніпра щорічно скидається близько 11,5 млрд м³ стічних вод. Понад 2 млрд м³ промислових і

побутових стічних вод із загального об'єму, що надходить у водні об'єкти, відноситься до категорії "недостатньо очищених" і "неочищених" стічних вод. Із стічними водами в басейн Дніпра потрапляє у середньому на рік 2,8 тис.т нафтопродуктів; 54,9 тис.т завислих речовин; 1,7 тис.т фосфору і 13,4 тис.т азоту амонійного; 6,9 тис.т фенолів, 2,0 т формальдегіду та інших речовин.

2.4. Водокористування та водовідведення в басейнах малих річок

Залежно від водозбірної площі річки поділяються на великі, середні та малі. *Великі* річки розташовані у кількох географічних зонах і мають площу водозбору понад 50 тис км², *середні* - площа водозбору 2-5 тис.км²; *малі* - площа водозбору до 2 тис.км². В Україні налічується понад 63 тис. малих річок і водотоків загальною довжиною 135,8 тис.км, з них близько 60 тис. (95%) - дуже малі (довжиною менше 10 км). Їх сумарна довжина 112 тис.км, тобто середня довжина такого водотоку - 1,9 км. Найменші водотоки відзначаються в басейнах рік Стрий, Черемош і Бистриця (середня довжина 1,1-1,3 км), а в басейнах рік Турія, Ствига, Снов, Остер, Красна середня довжина таких водотоків перевищує 3,5 км.

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

Як зазначається у довіднику "Малі річки України" (1991), державним обліком використання вод охоплено 710 басейнів малих річок довжиною переважно понад 10 км. Це становить лише 22% їх загальної кількості в Україні. Водозабір на господарські потреби в басейнах малих річок досягає 6,26 км³ (близько 20% загального об'єму забору з водних об'єктів суші в Україні), у тому числі з поверхневих водних джерел - 3,36 км³ (13%), підземних прісних вод - 2,03 км³ (51%) і шахтно-кар'єрних вод - 0,9 км³.

Об'єм води, що скидається в річкову мережу малих басейнів, дорівнює 2,84 км³, із них забруднених вод - 0,61 км³, або 21%. Щодо сумарного об'єму водовідведення у водні об'єкти суші в Україні, то на малі річки припадає майже 17%, а забруднених стічних вод - 23%.

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

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

Дані табл. 2.18, що характеризують використання водних ресурсів малих річок, відображають структуру водокористувачів, що склалася на водозборі. Так, найбільший об'єм води, забраний із малих річок, надходить на сільськогосподарське водопостачання (від 53 до 97 % всього об'єму, що використовується з цією метою в басейні головної річки).

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

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

Найбільший питомий показник забору води із малих річок відзначено у басейні Дністра ($10910 \text{ м}^3/\text{р.}/\text{км}^2$) і в Приазов'ї (13340), а найменший - на малих річках Дніпра ($5370 \text{ м}^3/\text{р.}/\text{км}^2$), де виробництво орієнтовано на водозбір з русла головної річки (табл. 2.19).

Сумарне скидання води у водні об'єкти, яке перевищує $10 \text{ тис. м}^3/\text{р.}/\text{км}^2$, відзначається для малих річок басейнів Вісли, Дону (Сіверський Донець) і річок Приазов'я. Але якщо виключити із сумарного об'єму скидання шахтно-кар'єрні води, то питомі показники на цих річках мають значення, порівняні з малими річками, в басейнах яких водовідведення шахтно-кар'єрних вод відсутнє.

Найбільшого навантаження за кількістю водокористувачів зазнають малі річки Криму (Альма, Чорна, Бельбек), а також Кальчик, Шостка, Уж (басейн Дунаю), де на одного водокористувача припадає від 8 до 20 км^2 площі водозбору; найменше (понад 100 км^2 на одного водокористувача) в басейнах річок Лядова (басейн Дністра),

Таблиця 2.17. Водовідведення у водні об'єкти басейну Дніпра від галузей промисловості, комунального і сільського господарства у 1992 р., млн м³/р.

Галузі промисловості	Загальний об'єм стічних вод	Об'єм нормативно очищених стічних вод	Об'єм стічних вод, які вимагають очиски	Об'єм стічних вод, які скинуті без очиски	Об'єм стічних вод, які скинуті недостатньо очищеними	Об'єм стічних вод, які нормативно очищені на очисних спорудах
Електроенергетика	6899,8	6843,1	56,7	-	2,9	53,8
Паливна	139,3	42,5	96,8	-	-	96,8
Чорна металургія	714,3	224,3	490,0	1,4	444,3	44,3
Кольорова металургія	21,7	18,7	3,0	-	1,6	1,4
Хімічна і нафтохімічна	328,5	121,9	206,6	31,5	8,9	166,2
Машинобудування і металообробка	51,9	18,1	33,8	3,5	9,4	20,9
Лісова, деревообробна і целюлозно-паперова	58,3	4,6	53,7	-	0,7	53,0
Виробництво будматеріалів	49,4	29,1	20,3	0,1	0,3	19,9
Легка	2,7	0,5	26,7	-	13,7	13,0
Харчова	133,1	84,7	48,4	1,7	22,0	24,7
Інші галузі промисловості	22,65	10,25	12,4	2,6	2,7	7,1
Промисловість в цілому	88446	7397	1048,4	40,8	506,5	501,1
Комунальне господарство	1487,5	30,9	1456,6	99,5	99,3	1257,8
Сільське господарство	2309,2	2092,3	216,9	-	0,6	216,3
Усього	12242	9521	2721,9	140,3	606,4	1975,2

Мокрі Яли (басейн Дніпра), Борова, Євсуг, Жеребець (басейн Сіверського Дінця), а на інших - на одного водокористувача припадає 22-93 км² площі водозбору. Об'єми скидання стічних вод коливаються від нуля (Борова, Євсуг, Берда, Грузький Єланчик) до 310 млн м³ р.Кринка (Приазов'я).

На багатьох річках спостерігається значне скидання забруднених стічних вод. Серед річок, де їх об'єм перевищує 1 млн м³/р., річка Уж (14% усього об'єму стічних вод), Солона - 40, Стир - 70, Золотоношка - 73, Іква - 91%. За об'єму скидання більше 10 млн м³/р. на річках Кривий Торець він становить 10%, Кальчик - 34, Шостка - 71, Горинь до Ямполь - 86%. Усі стічні води, що скидаються в річки Стугна і Альма, належать до забруднених.

Матеріали паспортизації малих річок, виконати яку планувалося за 1988-1994 рр. проектними організаціями Держводгоспу України разом з іншими установами, свідчать, що, крім скидання стічних вод, значний вплив на стан річок справляють негативні зміни на водозборах. Зокрема, розораність земель, яка в країні в цілому досягла 56%, а у степовій зоні - 63%. У той самий час лісистість території країни становить лише 14%, а у степовій зоні - 4,4%. Оптимальна у водоохоронному відношенні лісистість на водозборах степових річок повинна дорівнювати 16%.

Водогосподарські організації вживають певних заходів щодо поліпшення ситуації на річках. Так, у кінці 80 - на початку 90-х років було записено 80 тис.га прибережних смуг, упорядковано понад 22 тис. км річищ, закріплено 1140 км берегів, побудовано близько 3 тис. км водозахисних дамб.

Таблиця 2.18. Відносні показники розподілу об'ємів водокористування на різні потреби в басейнах малих річок від сумарних об'ємів водокористування в басейнах головних річок, %

Види водокористування	Усього	Вісла	Дунай	Дністер	Південний Буг	Дніпро	Причорномор'я	Дон	Приазов'я
Забір води із водних об'єктів, усього									
в тому числі:	20	60	17	48	29	10	98	22	66
- поверхневих	13	69	12	38	24	7	99	14	53
- підземних	51	52	72	74	56	46	96	24	66
- шахтно-кар'єрних	74	77	90	9	80	45	-	90	90

Види водокористування	Усього	Вісла	Дунай	Дністер	Південний Буг	Дніпро	Причорномор'я	Дон	Приазов'я
Використання води, усього	27	57	77	51	29	18	98	25	56
в тому числі на потреби:									
-господарсько-побутові	25	60	45	34	24	16	99	16	60
- виробничі	16	61	32	58	19	9	98	29	53
- зрошення	35	-	97	5	17	30	96	27	37
-сільгоспводопостачання	67	58	72	63	65	60	97	53	91
- інші	72	34	82	86	70	53	100	86	-
Скидання води у водні об'єкти, усього	17	79	12	68	28	7	95	27	36
із них:									
- забруднених стічних вод	25	100	37	60	30	15	94	24	50
- в тому числі без очистки	12	100	32	96	100	6	50	9	40

Таблиця 2.19. Питомі показники (модулі) водного стоку малих річок по басейнах головних річок у розрахунковий рік 90%-ної забезпеченості, забору і скидання у водні об'єкти стічних вод, $\text{м}^3/\text{р.}/\text{км}^2$

Річковий басейн	Площа, тис.км ²	Забір води	Річковий стік у маловодний рік	Скидання води у водні об'єкти		
				усього	забрудненої	
					усього	без очистки
Усього	603,7	7420	49200	4700	1017	101
Вісла	12,64	7350	64870	16860	6350	229
Дунай	32,35	8720	172180	3370	229	19
Дністер	52,69	10910	120330	6600	1234	325
Південний Буг	63,70	6500	23860	4690	311	8
Дніпро	292,7	5370	35840	2370	660	56
Річки Причорномор'я	47,72	8210	7750	1360	1045	2
Дон	54,88	9870	22050	10380	3120	361
Річки При-						

2.5. Охорона природних вод від забруднення

Охорона вод - це система заходів, спрямованих на запобігання обмеження та на ліквідацію наслідків забруднення, засмічення і виснаження вод.

Відтворення водних ресурсів - це перерозподіл у просторі і часі водних ресурсів згідно з потребами людей, а також поліпшення складу і властивостей води з метою задоволення нормативних вимог щодо її якості на основі науково обґрунтованого управління охороною і використанням вод.

В усьому світі в останні роки здійснюються заходи щодо охорони водних об'єктів. У результаті цього концентрація деяких забруднюючих речовин або ж стабілізувалася, або ж знизилася. Проблема охорони вод від забруднення є комплексною і дуже складною. Необхідно досягти такого стану водних об'єктів, за якого не завдаватиметься шкоди здоров'ю людей і забезпечуватиметься нормальне функціонування природних екосистем.

Проблема охорони вод включає такі головні напрямки: правову основу проведення комплексних заходів; організаційно-економічні аспекти охорони водних ресурсів; технологічні аспекти охорони водних ресурсів; соціальні аспекти. Детально всі ці напрямки розглядаються в інших спецкурсах. Ми ж лише коротко розглянемо їх.

Правова основа. Завданням водного законодавства є регулювання водних відносин з метою раціонального використання вод для потреб населення і народного господарства, охорони вод від забруднення та виснаження, поліпшення стану водних об'єктів, а також визначення прав і обов'язків водокористувачів.

Крім законів, юридичну базу водоохоронних заходів забезпечують підзаконні акти, тобто правові (нормативні) акти, видані на основі та для виконання законів.

Слід зазначити, що найбільш ранні загальнодержавні законодавчі заходи з охорони поверхневих вод було здійснено у Великій Британії в 70-х, а у Франції в 90-х роках XIX ст. У Німеччині в 1913 р. було прийнято закон про воду. У США санітарні вимоги з 30-х рр. XX ст. включаються в стандарти питної води та вказівки служби охорони здоров'я з охорони підземних вод. У Франції в 1935 р. видано декрет з охорони питної води.

У колишньому Радянському Союзі елементи водного законодавства, які полягали в затвердженні заходів з організації зон санітарної охорони джерел водопостачання, оформилися в 1928 р. Перші спроби уніфікації водного законодавства було зроблено в союзних республіках: Водно-меліоративний кодекс Білорусії (1928 р.) та земельно-водні кодекси Туркменії та Узбекистану (1929 р.), а також розроблено проекти водних кодексів інших республік. Лише 1971 р. було введено загальнодержавний закон "Основи водного законодавства Союзу РСР і союзних республік".

Головним законом, який регулює правові аспекти охорони вод нашої країні, є "Водний кодекс України" (1995 р.), який складається з шести розділів: 1. Загальні положення. 2. Державне управління та контроль у галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів. 3. Водокористування. 4. Охорона вод. 5. Спори з питань використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів. 6. Відповідальність за порушення водного законодавства; 7. Міжнародні відносини. "Водним кодексом України" встановлено, що всі води (водні об'єкти) на території України становлять її водний фонд (поверхневі води, підземні води та джерела, внутрішні морські води та територіальне море). Крім того, існує поняття "землі водного фонду". До земель водного фонду належать землі, зайняті водними об'єктами, болотами і островами, прибережними захисними смугами, гідротехнічними спорудами та каналами, а також береговими смугами водних шляхів.

Державне управління в галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів здійснюють Кабінет Міністрів України, Уряд Автономної Республіки Крим, місцеві Ради народних депутатів та їх виконавчі комітети, спеціально уповноважені органи державної виконавчої влади та інші державні органи відповідно до законодавства України.

Спеціально уповноваженими органами державної виконавчої влади є Міністерство охорони навколишнього природного середовища та атомної безпеки України (Мінекобезпеки), Державний комітет України по водному господарству (Держводгосп), Державний комітет України по геології і використанню надр (Держкомгеологія), їх органи на місцях та інші державні органи відповідно до законодавства.

Важливою умовою регулювання антропогенного впливу на водні об'єкти є створення відповідного режиму господарювання на територіях, прилеглих до цих водних об'єктів. Для створення сприятливого режиму водних об'єктів і запобігання їх забруднення вздовж річок і морів та навколо озер, водосховищ та інших водойм встановлюються *водоохоронні зони*, які є природоохоронними територіями регульованої господарської діяльності. На території водоохоронних зон забороняється використання стійких та сильнодіючих пестицидів, розміщення кладовищ, скотомогильників, звалищ, полів фільтрації, а також скидання неочищених стічних вод (у балки, кар'єри тощо). Зовнішні межі водоохоронних зон визначаються за спеціально розробленими проектами.

З метою охорони поверхневих водних об'єктів від забруднення і збереження їх водності вздовж річок, морів і навколо озер, водосховищ та інших водойм у межах водоохоронних зон виділяються земельні ділянки під прибережні захисні смуги.

Прибережні захисні смуги встановлюються по обидва береги річок та навколо водойм уздовж урізу води (у меженний період) шириною:

- 1) для малих річок, струмків і потічків, а також ставків площею менше 3 га - 25 м;
- 2) для середніх річок, водосховищ на них, водойм, а також ставків площею понад 3 га - 50 м;
- 3) для великих річок, водосховищ на них та озер - 100 м.

За крутизни схилів понад 3° мінімальна ширина прибережної захисної смуги подвоюється.

Уздовж морів і навколо морських заток та лиманів прибережна захисна смуга виділяється шириною не менше 2 км від урізу води. Прибережні захисні смуги є природоохоронною територією з режимом обмеженої господарської діяльності, на якій забороняється розорювання земель, садівництво і городництво, зберігання і застосування пестицидів і добрив, улаштування літніх таборів для худоби, будівництво будь-яких споруд (крім гідротехнічних і гідрометричних), миття і обслуговування транспорту, улаштування звалищ сміття, кладовищ, скотомогильників, полів фільтрації тощо. Прибережні захисні смуги уздовж морів, морських заток і лиманів входять до зони санітарної охорони моря і можуть використовуватися

лише для будівництва санаторіїв та інших лікувально-оздоровчих закладів з обов'язковим централізованим водопостачанням та каналізацією.

Для потреб експлуатації магістральних каналів на зрошувальних і осушувальних системах, гідротехнічних і гідрометричних споруд, водойм і гребель на річках встановлюються смуги відведення з особливим режимом користування. Розміри і режим користування ними встановлюються за конкретними проектами.

З метою охорони водних об'єктів у районах забору води для централізованого водопостачання населення, лікувальних і оздоровчих потреб встановлюються *зони санітарної охорони*. Усі води (водні об'єкти) підлягають охороні від забруднення, засмічення, виснаження та інших дій, які можуть погіршити умови водопостачання, завдати шкоди здоров'ю людей, спричинити зменшення рибних запасів внаслідок зміни фізичних і хімічних властивостей вод, зниження їх здатності до природної очистки, порушення гідрологічного і гідрогеологічного режиму вод.

Законодавством передбачено, що під час розміщення, проектування, будівництва, реконструкції та введення в експлуатацію підприємств, споруд та інших об'єктів має задовольнятися принцип раціонального використання вод. При цьому передбачаються технології, які забезпечують охорону вод від забруднення, засмічення і виснаження, попередження їх шкідливої дії, охорону земель від засолення, підтоплення або переосушення, а також сприяють збереженню природних умов і ландшафтів як безпосередньо в зоні їх розміщення, так і на водозбірній площі водних об'єктів. Забороняється проектування і будівництво прямоточних систем водопостачання промислових підприємств, які за технологією виробництва не може бути переведено на оборотне водопостачання. Забороняється реалізація проектів господарської та іншої діяльності без оцінки їх впливу на стан вод.

Організаційно-економічні аспекти. Увесь комплекс заходів, спрямованих на охорону водних ресурсів від забруднення, в нашій країні здійснюється шляхом створення басейнових схем комплексного використання і охорони вод. Заходи, які передбачено в схемах, мають забезпечити збереження якості води згідно з вимогами "Правил охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами", "Правил санітарної охорони прибережних вод і морів" і "Положення про порядок

використання і охорони підземних вод". Ці документи визначають ступінь придатності хімічного складу і фізичних властивостей природних вод для господарсько-питного водопостачання і культурно-побутових потреб населення, а також рибогосподарських цілей. Розроблені і діють спеціальні норми - "Гранично-допустимі концентрації радіоактивних речовин у воді водойм і джерел водопостачання", "Гранично-допустимі концентрації деяких шкідливих речовин у воді рибогосподарських водойм" та ін.

Визначення місць будівництва підприємств, які впливають на стан природних вод, узгоджується зі спеціально уповноваженими органами з регулювання використання й охорони вод, місцевими управліннями та органами нагляду за станом водних об'єктів. Проекти будівництва великих підприємств підлягають спеціальній екологічній експертизі. Указані органи за участю органів санітарного нагляду слідкують, чи відповідають вимогам нормативів умови скидання стічних вод. Постійний контроль за якістю вод здійснюють Держкомгідромет, Міністерство охорони здоров'я, Держводгосп, Держкомгеологія.

Організаційно-економічні заходи передбачають також видачу дозволів на спеціальне водокористування, встановлення нормативів і розмірів платежів за забір води та скидання забруднюючих речовин, відшкодування у встановленому порядку збитків, заподіяних водним об'єктам у разі порушення вимог законодавства.

Платежі за забір води з водних об'єктів загальнодержавного значення (які створюють або перетинають державні кордони і межі адміністративних областей) зараховуються до державного бюджету України в розмірі 80%, до бюджету Автономної Республіки Крим та бюджетів областей - у розмірі 20%. Платежі за користування водами для потреб гідроенергетики і водного транспорту зараховуються до державного бюджету України в розмірі 100%. Платежі за забір води з водних об'єктів місцевого значення (які не виходять за межі адміністративних областей і не створюють таких меж, а також державних кордонів) у повному обсязі зараховуються до місцевих бюджетів відповідних Рад народних депутатів.

Слід зазначити, що вперше в Україні плату за забір води із системи водозабезпечення було запроваджено в 1982 р. для промислових підприємств, а в 1992 р. - для всіх водокористувачів. У м. Києві, наприклад, встановлено такі тарифи на послуги водопостачання, грн./м³:

населенню	0,1
комунально-побутовим підприємствам	0,21
бюджетним організаціям та підприємствам місцевої харчової промисловості	0,45
державним підприємствам	0,42
підприємствам з недержавною формою власності	0,3

Плату за скидання забруднюючих речовин із стічними водами поверхневі, територіальні та внутрішні морські води, а також підземні горизонти було запроваджено в 1992 р. Сьогодні ставки базових нормативів цієї плати за деякі забруднюючі речовини становлять, грн./

азот амонійний	35
нітрати	3
нітрити	172
жири, масла	183
залізо загальне	35
завислі речовини	1
кальцій	0,7
магній	0,7
марганець	35
масло солярне	1995
арсен	1995
нафта	207
свинець	1995
СПАР	69
фосфати	27
ціаніди	344
цинк	344

Розподіл та порядок використання платежів за скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти та за понадлімітний забір води з них а також коштів, відшкодованих за завдані водним об'єктам збитки визначаються Законом України "Про охорону навколишнього природного середовища" (1991 р.). Усі зазначені платежі спрямовуються на здійснення заходів щодо охорони вод, відтворення водних ресурсів і підтримання водних об'єктів у належному стані, а також на виконання робіт, пов'язаних із запобіганням шкідливої дії вод ліквідацією її наслідків.

Технологічні аспекти. Коротко можна сформулювати такі основні напрямки технологічних аспектів охорони природних вод від забруднення:

- зменшення об'єму стічних вод за рахунок удосконалення технології виробництва;
- підвищення ефективності очистки стічних вод;
- вилучення з стічних вод цінних речовин і наступне їх використання;
- якнайширше впровадження оборотного (чи повторного) водопостачання;
- заміна водяного охолодження повітряним.

“Водний кодекс України” безпосередньо зобов'язує водокористувачів здійснювати технологічні заходи щодо запобігання скиданню стічних вод чи його припинення, якщо вони: можуть бути використані у системах оборотного водопостачання; містять цінні відходи, що можуть бути вилучені; містять речовини, щодо яких не встановлено гранично-допустимі концентрації; містять токсичні речовини та збудників інфекційних захворювань; призводять до підвищення температури води водного об'єкта більш ніж на 3°C порівняно з її природною температурою в літній період.

У разі перевищення встановлених гранично-допустимих нормативів надходжень забруднюючих речовин скидання стічних вод у поверхневі водні об'єкти може бути обмежено, тимчасово заборонено чи припинено в порядку, встановленому законодавством.

3. ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА КАНАЛІЗАЦІЇ

3.1. З історії водопостачання та каналізації

Історія водопостачання нараховує кілька тисячоліть. Ще у Давньому Єгипті для відбору підземних вод будувалися глибокі колодязі, обладнані найпростішими механізмами для підйому води, використовувалися гончарні, дерев'яні і навіть металеві (мідні та свинцеві) труби. У Давньому Римі були вже досить великі централізовані системи водопостачання. Збереглися акведуки, які служили для переходу самоточних водопровідних каналів через яри і долини.

При розкопках у Новгороді було виявлено водопровід з дерев'яних труб, час спорудження якого відноситься до кінця XI - початку XII ст. Є відомості про самоточний водопровід з гончарних труб, збудований в Грузії в XIII ст. У XV ст. було споруджено джерельний водопровід для Московського Кремля. У першій половині XVIII ст. було збудовано водопровідні системи у Петербурзі, Петергофі, Царському Селі. У 1804 р. закінчено спорудження першого московського (митищинського) водопроводу, а в 1861 р. - петербурзького міського водопроводу. У 1902 р. вступив у дію новий водопровід Москви із забором води з Москви-ріки біля села Рубльово. Усього у дореволюційній Росії централізовані системи водопостачання існували в 215 містах (близько 20% загальної їх кількості).

Необхідність елементарної очистки води перед споживанням розуміли давно. Перші відомості про це містяться у написаній в Індії близько 4 тис. років тому на санскриті медичній книзі "Усрупта Сангіта", де говориться: "Добре тримати воду в мідних ємкостях, виставляти її на сонячне світло і фільтрувати через деревне вугілля". Давньогрецький лікар Гіппократ рекомендував з метою запобігання захворювань вживати кип'ячену воду.

Власне першу водоочисну станцію із застосуванням технологічних методів очистки (так звані повільні фільтри) було збудовано 1829 р. у Лондоні. У Росії станцію очистки водопровідної води відкрито 1888 р. у Петербурзі.

Відведення стічних вод по трубах за межі населених місць також застосовувалось з давніх часів. При розкопках у Єгипті виявлено

каналізаційні канали, збудовані ще за 2500 років до н.е. Аналогічні споруди існували ще раніше в Індії. У VI ст. до н.е. у Римі було збудовано канал "клоака максима" (латинське cloaca, cloo - очищую, промиваю), який зберігся до нашого часу. Безумовно, ці споруди вимагали величезних витрат праці, матеріалів і будувалися лише для палаців, храмів, громадських купалень.

В епоху феодалізму і особливо в наступний період розвитку капіталізму через зростаючу густоту населення погіршився санітарний стан міст. Часті епідемії викликали необхідність будівництва водопроводів, а потім і каналізацій. Це диктувалося також розвитком промисловості та збільшенням об'ємів промислових стічних вод. Інтенсивне будівництво каналізацій почалось в Європі лише з XIX ст. Перші підземні канали для відведення забруднених вод у Росії було збудовано в XI–XIV ст. (Новгород, Московський Кремль). Значного поширення каналізаційні канали набули лише на початку XIX ст. у Петербурзі та Москві (у дореволюційній Росії каналізацію мали 18 найбільших міст).

Водопостачання і каналізація м.Києва. У наш час будівництво каналізацій є звичайним явищем під час благоустрою та будівництва централізованих систем водопроводу в населених пунктах. Але ще якихось сто років тому в житті тодішнього Києва (не кажучи вже про інші міста) це була надзвичайна подія, яка знаходилася в одному ряду з такими прогресивними нововведеннями у міському господарстві, як заснування першої річкової пристані (1835 р.), створення першої поштової станції (1846 р.), першої електростанції (1890 р.), першого трамваю-конки (1891 р.), першого електричного трамваю (1892 р.), фунікулеру (1905 р.).

У розвитку водопостачання Києва до початку XX ст. П.І.Петимко із співавторами (1994) виділяють такі періоди:

Перший період (V—XVI ст.) - джерелами води у Давньому Києві слугували річки, рівчаки, а також джерела і колодязі.

Другий період (з XVII ст.) - початок "централізованого" постачання питною водою із джерел Київських гір за допомогою прокладених під землею дерев'яних труб. Зокрема, вода подавалася у домініканський конвент Св. Миколая та Київську духовну академію (Контрактова площа на Подолі). У Фроловському монастирі було збудовано два, а у Братському - один фонтан, з якого вода розбиралася мешканцями

монастирів, одночасно вони були й прикрасою. На Контрактовій площі біля Гостинного двору у 1757 р. за проектом архітектора І.Г.Григоровича-Барського було збудовано фонтан "Самсон", до якого вода також надходила з Київських гір.

Третій період (з XIX ст.) - водопостачання Києва здійснювалося із застосуванням механічних засобів подачі води в окремі відомства. У 1857 р. було збудовано локальний водопровід для Київського кадетського корпусу із забором води із загати на р.Либідь та подачею її по трубах паровими насосами у баки, які було розміщено на території корпусу. Дещо раніше (1855 р.) збудовано водопровід з двома паровими машинами в арсенальських майстернях. На цей період (1857 р.) припадає перша згадка про застосування ватерклозетів у Київській фортеці. У 1843 р. у військовому госпіталі Київської фортеці пробурено першу артезіанську свердловину глибиною 103 м.

Четвертий період (1872 - 1895 рр.) - збудовано перший централізований водопровід із забором води з Дніпра (у районі Поштової площі) й очисткою її на піщаних фільтрах (1872 р.). У 1895 р. було пробурено дві перші артезіанські свердловини, які було підключено до міської мережі, у 1897 р. - ще 9 свердловин.

П'ятий період (1895 - 1908 рр.) - Київ користувався змішаною водою (дніпровською й артезіанською), об'єм якої становив 20 тис. м³/добу, а з 1908 р. місто забезпечувалося лише артезіанською водою. Таким було водопостачання Києва напередодні введення першої централізованої каналізації.

Поштовхом для влаштування централізованої каналізації послужив бурхливий розвиток міста, дуже складні санітарні умови, введення централізованого водопроводу. У вересні 1879 р. Київська міська Дума призначає комісію під керівництвом професора Є.І.Афанас'єва для розробки питання про каналізацію міста. Каналізаційна комісія після тривалих досліджень прийшла до висновку, що топографічне положення горбистого Києва, з одного боку, сприяє влаштуванню каналізації, а з іншого - дозволяє скидати стічні води безпосередньо у р.Дніпро, що є простим і найбільш дешевим вирішенням задачі. Але такий проект було визнано небажаним, оскільки виникла б загроза забруднення Дніпра. Тому було знайдено інше рішення, в основу якого покладено вимогу відведення стічних вод на поля зрошення, які мали розташовуватися вгору по Дніпру.

Повчальним і корисним для сучасного покоління може стати досвід вирішення фінансового боку такої великої загальноміської проблеми. Проект каналізації було розроблено К.Я.Балкіним, який представляв англійську компанію Шона, за допомогою Р.І.Сабліна в 1889 р. Але через відсутність потрібних коштів реалізувати одразу проект не вдалося. Тоді було створено Київське акціонерне товариство каналізації на чолі з професором Є.І.Афанас'євим із установленим основним капіталом 1,6 млн крб., яке мало зібрати необхідні кошти шляхом реалізації акцій. Акції було придбано головним чином домовласниками, але не повністю. Тому решту суми добровільно внесли заможні кияни, зокрема М.О.Герещенко (161 тис. крб.) і Ф.О.Герещенко (50 тис. крб.), брати Лаз, Л.І.Бродський (усього 261 тис. крб.). Це були великі гроші, досить сказати, що фунт (400 г) м'яса коштував 20-30 коп., фунт білого хліба - 5 коп. Порівняємо із заробітною платою на той час, яка становила, зокрема в університеті (на рік): бібліотекар - 2600; молодший асистент і молодший лаборант - 1900; старший асистент і старший лаборант - 2600; штатний викладач без ступенем - 2800; ад'юнкт-професор (так тоді називали доцентів) з надбавками - 4000; професор - 3000 крб. окладу плюс 750 крб. "столових" та 750 квартирних.

За контрактом з Київським акціонерним товариством каналізації місто повинно було сплачувати йому щорічно суму 154706 крб. 66 коп. протягом 36 років. Після того місто ставало повним господарем каналізації, витрачаючи надалі щорічно на її експлуатацію 50 тис. крб. Будівельні роботи розпочалися 1893р.

Каналізаційну систему, яка охоплювала центральні райони міста, уведено в експлуатацію 21 грудня 1894 р. Таким чином, Київ став одним з небагатьох каналізованих міст Росії (Одеса - 1874 р., Тифліс - 1874 р., Пушкін (Царське Село) - 1880 р., Гатчина - 1882 р., Ялта - 1886 р). Але київська повна роздільна каналізаційна система була першою в Росії і однією з перших у Європі.

Усе обладнання каналізації було запроектовано з розрахунку на подвоєну кількість жителів каналізованого району, тобто на 160 тис. жителів з розрахунку 7 відер за добу на людину (1 відро - 12,3 л). Загальна кількість стічних вод, яку могла б відводити каналізаційна система, становила понад 1,1 млн відер на добу. Каналізацію було влаштовано за роздільною системою, тобто виключно для

господарсько-побутових вод (без прийому атмосферних вод) із відведенням їх за місто на поля зрошення.

Підвищені території міста (зокрема, Палацова ділянка) було каналізовано за самоточною системою. Стічні води з іншої частини каналізованого району з низьких територій подавалися за допомогою спеціальних насосних станцій.

Для знезараження стічної рідини шляхом фільтрації через ґрунт у Києві було споруджено також поля зрошення. Проект полів зрошення розробив професор О.О.Фадєєв. Для цього Київському акціонерному товариству каналізації у 12 верстах вище Києва (тепер Мінський житловий масив) було відведено земельну ділянку площею у 271 десятину. З них власне для полів зрошення призначалося 160 десятин, 11 десятин - під службову садибу, а інші 100 десятин - під заплавні луки та ліс.

Ця земельна ділянка полів зрошення розташовувалася на значній висоті, вище самих високих паводкових вод на 5 м і вище рівня ґрунтових вод на 3 м, тоді як для ефективного знезараження стічних вод достатньо було і 1 м. На підвищеннях між зрошувальними борознами вирощувалися овочеві культури.

Шонівська система каналізації (назва від ежекторів Шона) успішно експлуатувалася, але вже на початку ХХ ст. виявилися і її недоліки. По-перше, система не забезпечувала пропускання стічних вод, бо кількість жителів Києва вже значно зросла і становила понад 300 тис. (1904 р.). По-друге, розташування полів зрошення на Куренівці, вище міста проти течії Дніпра, створювала надзвичайно незадовільні санітарні умови для річкового водозабору, що знаходився в районі Поштової площі. Аналізи, які проводилися санітарними лікарями, регулярно показували наявність значної кількості бактерій у дніпровській воді. Зокрема, 28 травня 1902 р. лікарем О.М.Москальовим в 1 мл води біля яхт-клубу було виявлено 8600 колоній бактерій, біля річкової пристані - 14600, у воді з крану, що надходила в університет - 720, на Печерськ - 300, у Дніпрі біля фортечної водокачки - 2400, біля ланцюгового мосту - 9800. А 12 вересня 1902 р. у воді біля яхт-клубу виявлено 29400 колоній в 1 мл води, біля річкової пристані - 20000, у воді з крану, що надходила в університет - 1600. Тому не випадковим був спалах епідемії холери в Києві 1907 р. У

зв'язку з цим Київ з серпня 1908 р. почав використовувати лише артезіанську воду.

До речі, ще в 1896 р. на VI з'їзді лікарів вперше в історії Росії було порушено питання про створення законодавства про скидання стічних вод у водні об'єкти.

Для поліпшення роботи київської каналізації 1909 р. вводиться в експлуатацію Либідський самоточний колектор, прокладений у заплаві р. Либідь. Нижня частина колектора проходила через Деміївку, на той час село Хотівської волості Київського повіту, яке згодом (1918 р.) приєднано до Києва. Скидання стічних вод Верхнього міста відбувалося у р. Дніпро після очистки на горизонтальних двох'ярусних відстійниках під Лисою горою. Для цього по дну річки було прокладено скидний колектор з двох чавунних труб діаметром по 500 мм, віддалений від берега у бік фарватеру на 50 м. Це були перші подібні споруди в Україні.

Про надійність будівництва у ті роки свідчить такий факт. Верхня частина Либідського колектора діє і в наш час без аварій, нижню частину було закрито (оскільки вона втратила своє значення після будівництва 1939 р. Ново-Либідського колектора). Після 1918 р. усі стічні води Верхнього міста почали скидатися у Дніпро без очистки, оскільки відстійники було зруйновано внаслідок величезного вибуху на артилерійських складах на Лисій горі.

Згодом відбувається інтенсивне зростання населення Києва (1918 р. - 467, 1930 р. - 559 тис. чол.). У 1934 р. Київ стає столицею України, виникають нові промислові райони - Нивки, Святошине, Дарниця, продовжують розвиватися й околиці - Шулявка, Куренівка, Солом'янка, Деміївка та ін. 1939 р. вводиться в експлуатацію Дніпровський водопровід з об'ємом подачі очищеної води 100 тис.м³/добу.

Уведення в експлуатацію 1937-1940 рр. ряду каналізаційних колекторів і споруд надало можливість припинити скидання стічних вод у 1940 р. на поля зрошення в районі Куренівки. Тепер ці води подавалися сюди лише періодично для поливу овочевих культур у господарстві "Пуща-Водиця". Скидання стічних вод без очистки здійснювалося системою Либідських колекторів (в тому числі і з Подолу) до 1965 р., до введення Бортницької станції біологічної очистки. Лівобережна частина міста в каналізованій своїй частині

працювала на кілька локальних очисних споруд, які скидали очищені стічні води в р.Дніпро.

Під час окупації міста німцями з 1941 по 1943 р. київська каналізація, по суті, припинила функціонувати. Було зруйновано матеріально-технічну базу, втрачено технічний архів. Тому головним завданням після війни було відновлення роботи каналізаційного господарства.

Масове будівництво в 50-ті роки та зростання населення міста вимагало створення нових інженерних мереж, в тому числі водопроводу і каналізації. Достатньо сказати, що за десятиріччя (1955 - 1965 рр.) протяжність каналізаційної мережі зросла з 299 до 669 км, подача води місту становила 400 тис.м³/добу або 200 л/добу на 1 жителя. У 1961 р. уведено в експлуатацію першу чергу Деснянської водопровідної станції (продуктивністю 300 тис.м³/добу). Таким чином, Київ живиться з трьох незалежних джерел - річок Дніпро і Десна та підземних артезіанських вод. У цей же період (1956 р.) вперше вводиться у дію централізована система каналізації лівобережної частини Києва із скиданням стічних вод у р.Якушівка без очистки.

1965 р. уведено Бортницьку станцію біологічної очистки стічних вод (згодом отримала назву Бортницька станція аерації), до якої стали надходити стічні води з усього міста (з правого берега дюкером по дну Дніпра на ділянці р.Либідь). Продуктивність першої черги станції становила 600 тис.м³/добу. До складу споруд входили головна насосна станція, піскоуловлювачі, первинні радіальні відстійники, аеротенки, вторинні радіальні відстійники, мулові насосні станції, метантенки. Після введення другої черги Бортницької станції 1977 р. її продуктивність досягла 1200 тис.м³/добу стічних вод. Після очистки стічні води відводяться спеціальним багатокілометровим каналом у р. Дніпро нижче Києва (нижче Осокорків).

У 1974 р. збільшується потужність Деснянської водопровідної станції до 600 тис.м³/добу, а в 1987 р. - до 980 тис.м³/добу. Цього ж року за участю французької фірми "Трилігаз" на Дніпровській водопровідній станції починає функціонувати одна з перших у Радянському Союзі озонаторна станція на 400 тис.м³/добу для знезараження питної води (слід згадати, що перші дослідження з озонування дніпровської води було проведено в Києві магістром фармації Ф.Ф.Кіркормом ще весною 1908 р. у зв'язку з епідемією холери). 1982

р. уводиться в експлуатацію Ново-Дніпровська водопровідна станція на 300 тис.м³/добу. У табл. 3.1 наведено дані про розвиток водопровідно-каналізаційного господарства Києва. З цієї таблиці видно, що зараз водопостачання Києва в середньому на 55% забезпечується деснянською водою, на 28 - дніпровською і на 17% - артезіанською.

Одним із шляхів збільшення можливості використання чистої артезіанської води населенням Києва в останній час стало будівництво розливних б'ювет, які подають воду з водоносних горизонтів сеноманських (глибини 90-193 м) і юрських (глибини 256-337 м) відкладів. Так, 1997 р. у різних районах міста введено в експлуатацію 31 б'ювету, на 1998 р. заплановано будівництво 42 з кошторисною вартістю 9 млн грн. Усього планується збудувати 150 б'юветів у різних районах міста.

Розрахунки проектувальників свідчать, що на початку ХХІ ст. населення міста досягне 3 млн, що вимагає подальшого розвитку удосконалення водопостачання і водовідведення. У зв'язку з цим заплановано спорудження нижче Києва Стугненських очисних споруд. На рис. 3.1 наведено існуючу схему водопостачання і водовідведення м. Києва.

Сучасне водопровідно-каналізаційне господарство столиці складним і багатогалузевим. До державного комунального об'єднання "Київводоканал" входять: підприємство з експлуатації водопровідних мереж, підприємство з експлуатації каналізаційних систем, Бортницька станція аерації, Дніпровська водопровідна станція, Деснянська водопровідна станція, підприємство з експлуатації артезіанських свердловин і насосних водопровідних станцій, підприємство експлуатації водомірного господарства та постачання води, інші структурні підрозділи.

3.2. Загальна схема водопостачання

Водопостачання - це сукупність заходів із забезпечення водою різних користувачів (населення, промисловості, транспорту тощо). Комплекс інженерних споруд, які здійснюють водопостачання, називають системою водопостачання, або водопроводом. Усі сучасні системи водопостачання населених місць є централізованими, кожні з них забезпечує водою велику групу користувачів.

Таблиця 3.1. Розвиток водопровідно-каналізаційного господарства м. Києва за характерні роки

Рік	Кількість жителів, тис. чол.	Площа міста, км ²	Водопровід		Кількість свердловин артезіанської води	Подача води місту, тис м ³ /добу				Каналізація		Об'єм вод, тис. м ³ /добу	Бортинська станція
			Довжина мережі, км	Довжина мережі, км		всього артезіанської	дніпровської	деснянської	на мережі, км				
1872	120	46,0	23,3			6,3		6,3					
1894	189	48,6	62,5			6,7		6,7			75,3		
1898	253	50,0	112	8	8	8,1					75,3		
1900	271	136	118	8		11,0					75,3		
1908	356	64,3	158	7	7	20,0		20,0			75,3		
1913	442	170	180	25	25	31,0		31,0			151		
1917	520	170	209	20	20	39,0		39,0			151		
1920	366	170	211	24	24	17,5		17,5			186		
1930	559	442	262	31	31	41,8		41,8			195	42,6	
1934	608	442	285	44	44	64,9		64,9			203	71,0	
1939	846	442	343	53	53	109		79,0	30,0		224	99,0	
1941	867	680	374			206		120	86,0		245	180	
1943	186	680									245	25,2	
1945	470	680	374	35	35	120		84,0	36,0		245	59,0	
1950	865	680	409	49	49	200		98,0	102		249	155	
1954	1008	680	450	54	54	260		120	140		283	208	
1961	1174	769	724	92	92	486		177	252	57	454	365	
1965	1332	717	9556	91	91	698		177	252	269	670	520	319
1971	1693	761	1456	115	115	930		208	289	433	1146	690	690
1982	2297	860	2384	263	263	1415		323	352	740	1597	1211	1200
1985	2436	903	3042	295	295	1494		318	498	678	1738	1307	1307
1987	2524	928	3243	371	371	1483		287	381	815	1958	1284	1284
1993	2654	990	3562	370	370	1519		221	422	876	2221	1398	1398

Для водопостачання використовуються природні джерела води: поверхневі - відкриті водойми (річки, озера, водосховища, моря) і підземні (грунтові та артезіанські води). Найбільш придатні для потреб населення - підземні води. Але для постачання водою великих населених пунктів підземних джерел часто виявляється недостатньо, а отримання з них значної кількості води є економічно не вигідним. Тому для водопостачання великих міст і промислових об'єктів використовують переважно поверхневі джерела прісної води.

Для одержання води з природних джерел, її очистки та подачі до місць користування служать такі споруди: водозабірні споруди і насосні станції першого підйому, які подають воду до місць її очистки; очисні споруди; збірні резервуари чистої води; насосні станції другого чи наступних підйомів, які подають воду в місто чи на промислові підприємства; водоводи та водопровідні мережі. Загальна схема водопостачання може змінюватись залежно від конкретних умов (рис. 3.2). Якщо, наприклад, вода джерела не вимагає очистки, то із схеми випадають очисні та пов'язані з ними споруди. При розташуванні джерела на більш високих позначках, ніж об'єкт-водокористувач, вода може подаватися самотоком, і тому немає необхідності у спорудженні насосних станцій. Розміщення водонапірних веж і резервуарів залежить від рельєфу місцевості. У деяких системах використовується кілька джерел водопостачання, що призводить до збільшення кількості основних споруд.

Для промислових підприємств за певних умов застосовують так звані оборотні системи водопостачання (рис. 3.3), а також системи з послідовним використанням води. Оборотні системи служать для запобігання нераціонального використання природних вод та їх забруднення. У таких системах воду після необхідної обробки (охолодження чи освітлення) знову подають користувачам. Для охолодження води в оборотних системах застосовуються градірні, охолоджувальні ставки, басейни. При цьому з джерела подається вода лише для поповнення її втрат при охолодженні та безповоротних її втрат у виробництві. Таким чином, кількість води, яка забирається з джерела, за оборотної системи є значно меншою, ніж за звичайної прямоточної системи. Це дозволяє інколи використати природне джерело, якого за прямоточної системи було б недостатньо для даного користувача.

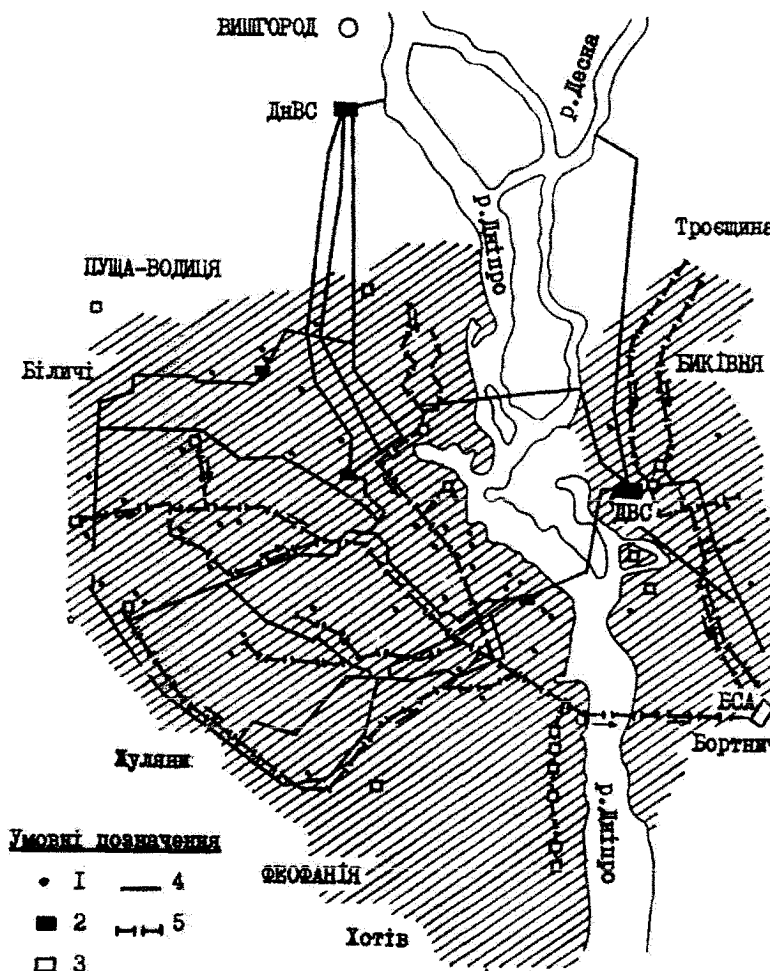


Рис. 3.1. Схема водопостачання і водовідведення м. Києва: 1 - артезіанська свердловина; 2 - водопровідна насосна станція; 3 - каналізаційна насосна станція; 4 - водовод; 5 - каналізаційний колектор; ДнВС - Дніпровська водопровідна станція; ДВС - Деснянська водопровідна станція; БСА - Бортницька станція аерації

Системи з послідовним використанням води застосовують у тих випадках, коли вода, що скидається одним виробничим користувачем, може споживатись іншим. Це також зменшує об'єм води, який треба забрати з джерела водопостачання.

Через значне зростання об'ємів водокористування у містах місцеві природні джерела у деяких районах не можуть задовольнити потреб

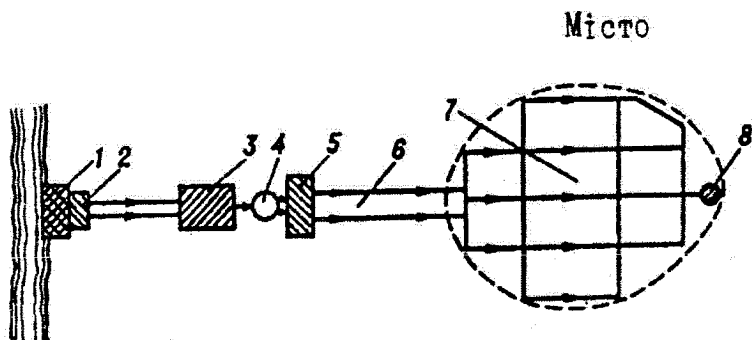


Рис. 3.2. Загальна схема системи водопостачання: 1 - водоприймальна споруда (водозабір); 2 - насосна станція першого підйому; 3 - водоочисні споруди; 4 - резервуар чистої води; 5 - насосна станція другого підйому; 6 - водоводи; 7 - водопровідна мережа; 8 - водонапірна вежа

водопостачання. У такі райони вода надходить з віддалених джерел. Наприклад, у Лос-Анжелес (США) вода подається трьома водоводами з джерел водопостачання, які знаходяться на відстані 420, 610 і 800 км. Одним з джерел водопостачання Москви є р. Волга, з якої вода надходить по каналу на відстань 128 км. У центральні райони Донбасу вода подається каналом "Дніпро - Донбас" і водоводами на відстань 130 км, Північно-Кримський канал забезпечує водою з Дніпра Крим аж до м. Керчі (протяжність близько 400 км).

3.3. Водозабори, насосні станції та водоочисні споруди

Водозабір - це гідротехнічна споруда, яка здійснює забір води із джерела живлення (річки, озера, водосховища) для потреб водокористування. Крім того, є водозабори, які використовуються для потреб гідроенергетики, іригації тощо. Водозабірні споруди повинні

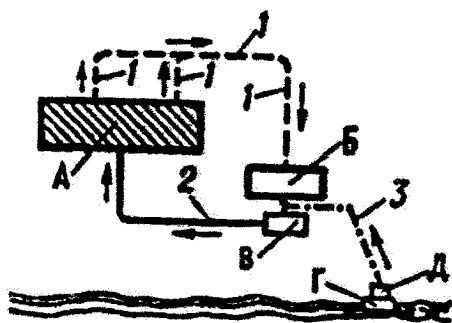


Рис. 3.3. Схема оборотного водопостачання: А - промислове підприємство; Б - охолоджувальний пристрій; В - циркуляційна насосна станція; Г - водоприймач; Д - насосна станція; 1 - відвід нагрітої води; 2 - подача охолодженої води; 3 - подача свіжої води

першого підйому чи встановлені окремо від них.

Берегові водозабірні споруди, які застосовуються за відносно крутих берегів річки, являють собою бетонний чи залізобетонний колодязь великого діаметра, винесений передньою стінкою у річку (рис. 3.4). Вода надходить у нього через отвори, захищені ґратами, а потім проходить через сітки, які забезпечують механічну очистку води.

Руслові водозабірні споруди застосовуються, як правило, за пологого берега, мають оголовок, винесений у русло річки (рис. 3.5). Конструкція оголовків є найрізноманітнішою. З оголовка вода подається по самоточних трубах до берегового колодязя; останній часто суміщається з насосною станцією першого підйому.

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

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

забезпечувати надходження води у водовід (трубопровід, канал, тунель) заданої кількості, необхідної якості і відповідно до графіка водокористування.

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

Водозабір підземних вод - це гідротехнічна споруда для забору підземних вод і подачі їх у водопровідні та інші водогосподарські системи. Вибір ділянки для закладання водозабору підземних вод зумовлюється геолого-гідрогеологічними умовами району, відстанню від місця користування водою та ін. Експлуатація водозаборів здійснюється за допомогою каптажних пристроїв. Залежно від умов і призначення вони поділяються на вертикальні, горизонтальні та каптажі природних виходів - джерел.

Вертикальні водозабори споруджуються за наявності відносно глибокого залягання водоносних горизонтів як безнапірних, так і напірних вод. Конструктивно вертикальні водозабори поділяються на свердловини (трубчасті колодязі) і шахтні колодязі. Свердловини є найбільш універсальним, технічно більш досконалим типом водозаборів і використовуються для централізованого водопостачання. Вони мають велику продуктивність і найбільш повно відповідають санітарним вимогам. Глибина свердловин досягає 800 м, але більшість з них обладнується на глибину 100-300 м. Дебіти становлять від 0,5

до 50 л/с, інколи більше. Стінки свердловини у нестійких пухких породах укріплюють колонами обсадних труб, які входять одна в одну і в межах водоносного горизонту закінчуються фільтром з пористого бетону, кераміки, гравію, металевих сіток (рис. 3.6). Для підйому води зі свердловин використовують занурені насоси.

Часто водозабірні свердловини обладнуються водонапірними вежами, які регулюють напір і витрату води у

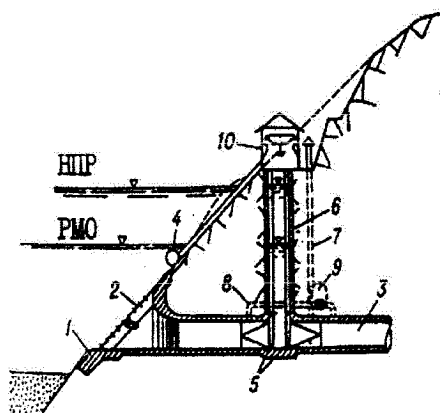


Рис.3.4. Береговий водозабір: 1 - поріг водозабору; 2 - грати для затримки сміття; 3 - дериваційний канал; 4 - пристрій для усунення сміття з грат; 5 - затвори; 6 - шахта водозабору; 7 - аераційна шахта; 8 - байпаси; 9 - галерея засувів на байпасах; 10 - приміщення підйому механізмів; ННП - нормативний підпірний рівень; РМО - рівень мертвого об'єму

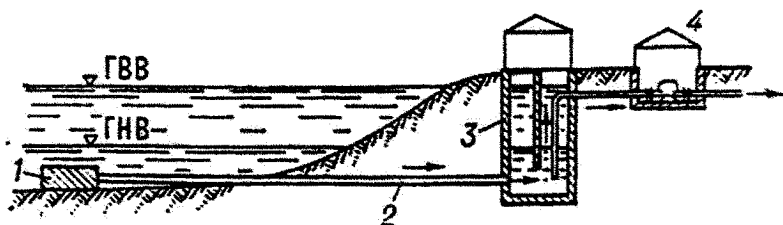


Рис.3.5. Водозабір руслового типу: 1 - оголовок; 2 - самопливні лінії; 3 - береговий колодязь; 4 - насосна станція; ГВВ - горизонт високих вод; ГНВ - горизонт низьких вод

водопровідній мережі. Строк служби свердловин, як правило, становить 10-15 років, інколи до 30.

Шахтні колодязі можуть закладатися у водоносних шарах з вільною поверхнею (грунтові) і в напірних водоносних горизонтах (артезіанські) до глибини 100 м.

Якщо водозабірні споруди перетинають водоносний шар на всю товщу, вони називаються досконалими, коли вони заглиблюються у водоносний горизонт лише частково і не досягають водотриву - не досконалими (рис. 3.7).

Шахтні колодязі(криниці) споруджуються головним чином для задоволення невеликих потреб водокористувачів. Для більш повного забору підземної води застосовуються променеві водозабори - комбінація шахтного колодязя з горизонтальними свердловинами, які закладено у різні боки водоносного шару.

Горизонтальні водозабори поділяються на: траншейні, галерейні (власне галереї та штольні) і к'язири. Вибір типу горизонтального водозабору зумовлюється глибиною залягання підземних вод і характером водокористування. Для постійного водопостачання відносно великих водокористувачів застосовуються водозабірні галереї та штольні, які споруджуються за значної глибини залягання водоносних горизонтів. Траншейні споруди використовуються для порівняно невеликого водопостачання за малої глибини залягання підземних вод. К'язири - це примітивно влаштовані водозабірні споруди для сільськогосподарського водопостачання і зрошення невеликих

земельних ділянок у напівпустельних районах з обмеженням за площею заляганням водоносних горизонтів.

Насосні станції сучасних систем водопостачання обладнуються, як правило, насосами з електричним приводом, а також регулюючою, запобіжною і контрольно-вимірювальною апаратурою. Багато насосних станцій має телеуправління і є повністю автоматизованими.

Водоочисні споруди обробляють природну воду з метою надання їй якостей, які відповідають вимогам користувачів.

Води поверхневих водних джерел (річок, озер), як правило, не придатні для пиття через значну каламутність, колірність і більш

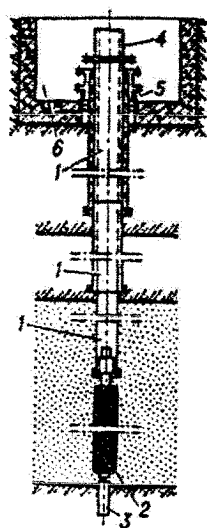


Рис. 3.6. Трубчастий колодязь: 1 - колони обсадних труб; 2 - фільтр; 3 - відстійник; 4 - гирло; 5 - оголовок; 6 - шахта для встановлення арматури

високий, ніж це допустимо для питної води, вміст бактерій. Тому до подачі води у господарсько-питний водопровід на водоочисних спорудах її освітлюють (вилучають завислі та колоїдні частки), усувають колірність і знезаражують (звільняють від хвороботворних бактерій), пом'якшують і т.д. Методи, які застосовуються при водоочистці, детально розглядаються в розділі 6. Очищена вода подається до об'єкта по водоводах і розводиться по його території водопровідною мережею.

На рис. 3.8 для прикладу наведено загальну схему водозабору і водопровідної станції м. Богуслава Київської області продуктивністю 7,5

тис.м³/добу.

3.4. Водопровідна мережа

Водопровідна мережа, яка є сукупністю водопровідних ліній (трубопроводів) для подачі 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. Всередині будинків влаштовуються

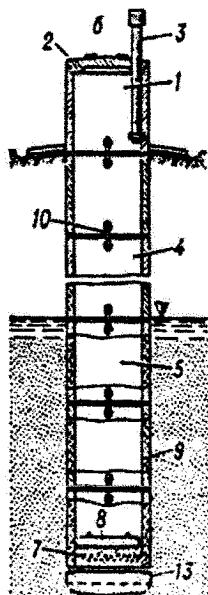
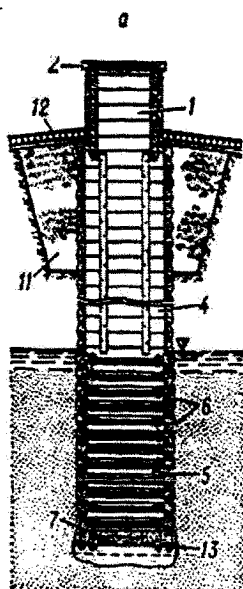


Рис. 3.7. Зрубовий шахтний колодязь з гравітаційним фільтром (а) і залізобетонний з водоприймальною частиною з дірчастого бетону (б): 1 - оголовок; 2 - кришка; 3 - вентиляційна труба; 4 - ствол (частина шахти від поверхні землі до водоносного шару); 5 - водоприймальна частина шахти; 6 - гравітаційний фільтр (у V-подібних отворах); 7 - донний фільтр; 8 - плита з дірчастого бетону; 9 - стінки з дірчастого бетону; 10 - скоби, які скріплюють плити; 11 - замок з глини; 12 - відмостка; 13 - ніж (залізна пластина)

внутрішні водопровідні мережі, які підводять воду до водорозбірних кранів. На відміну від них основна водопровідна мережа, яка прокладається поза межами споруд, називається зовнішньою. Для обладнання водопровідної мережі застосовують водопровідні труби. Вибір типу труб залежить від величин необхідного тиску у водопровідній мережі, характеру ґрунтів, способу прокладання, а також від економічних факторів. При підземному прокладанні найбільш поширеними є чавунні, азбоцементні та сталеві труби, використовуються також залізобетонні та пластмасові. Глибина закладання труб залежить від рівня промерзання ґрунту, температури води, яка подається по трубах і режиму роботи (на території України близько 1,5-2 м). Максимальну глибину закладання труб зумовлено необхідністю збереження труб від руйнування у результаті транспортних навантажень.

Водопровідні мережі обладнуються запірною арматурою - засувами і вентилями для відключення окремих ділянок мережі, водорозбірним устаткуванням, пожежними гідрантами, інколи

вуличними водорозбірними колонками. Гідранти і засуви, як правило, встановлюються у спеціальних збірних залізобетонних чи цегляних колодязях, які перекриваються металевими люками, що за необхідності знімаються.

За технічними умовами тиск води у водопровідній мережі населених пунктів не повинен перевищувати 6 атм. Для подання води в окремі багатоповерхові споруди додатково влаштовують місцеві насосні станції. Водопровідні мережі мають забезпечувати надійне і безперебійне постачання водою користувачів. Цій умові відповідає обладнання кільцевих мереж, які складаються із суміжних замкнутих контурів - кілець (рис. 3.9), розміщення яких залежить від планування міста. За аварії пошкоджену ділянку водопроводу можна відключити

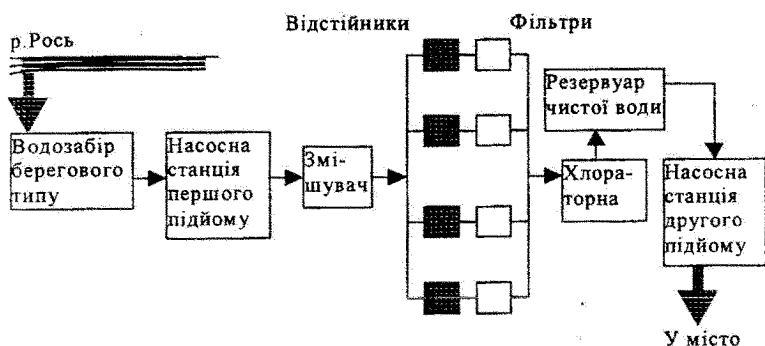


Рис. 3.8 Загальна схема водопровідної станції м.Богуслава Київської області

(засувами а і б) без припинення подачі води до всіх інших ліній системи.

У розгалужених, так званих тупикових водопровідних системах (рис. 3.10), за аварії на будь-якій ділянці (наприклад, у точці х) припиняється подача води у всі ділянки мережі, які знаходяться за пошкодженими; тому розгалужені мережі можуть обладнуватися лише в тих випадках, коли припустимі перерви у водопостачанні. Усі водопровідні мережі, в яких передбачається подача води для гасіння пожеж, як правило, влаштовуються кільцевими.

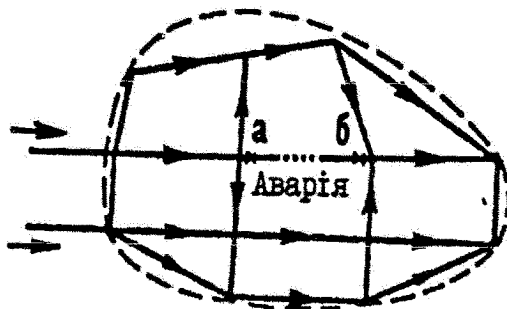
Для регулювання тиску і витрати води у водопровідній мережі, створення її запасу і вирівнювання графіка роботи насосних станцій

будуються водонапірні вежі і резервуари. Водонапірна вежа складається з бака для води, як правило, циліндричної форми і опорної конструкції (ствола). Регулююча роль водонапірної вежі полягає в тому, що під час зменшення водокористування надлишок води, який подається насосною станцією, накопичується у водонапірній вежі та витрачається з неї під час підвищеного водопостачання. Висота водонапірної вежі (відстань від поверхні землі до низу бака), як правило, не перевищує 25 м, інколи - 30 м; ємність бака - від кількох десятків кубічних метрів до кількох тисяч. Опорні конструкції виготовляються в основному із сталі, залізобетону, інколи з цегли, баки - переважно із залізобетону і сталі.

Водонапірний резервуар, на відміну від водонапірної вежі, не має опорної конструкції (ствола), але встановлюється на підвищених позначках місцевості. Інколи водонапірні резервуари служать для зберігання пожежного і аварійного запасу води. У сучасних системах водопостачання найбільш поширеними є резервуари із залізобетону.

3.5. Каналізація

Каналізація - це комплекс інженерних споруд, обладнання і санітарних заходів, які забезпечують забір і відведення за межі населених пунктів і промислових підприємств забруднених стічних вод, а також їх очистку і знезараження перед утилізацією чи скиданням у водойми. Виділяють внутрішню і зовнішню каналізацію. Внутрішня



каналізація служить для прийому стічних вод у місцях їх утворення і відведення їх з будинків у зовнішню каналізаційну мережу. Елементами внутрішньої каналізації є санітарні прилади, відвідні труби,

Рис. 3.9. Схема кільцевої водопровідної мережі

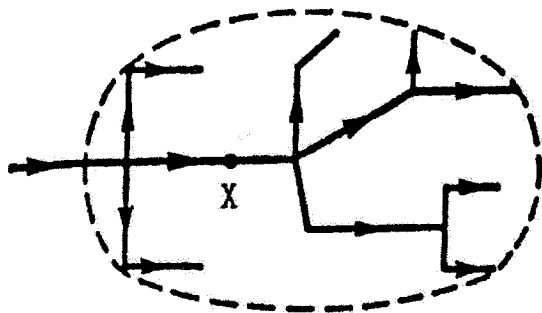


Рис. 3.10. Схема розгалуженої (тупикової) водопровідної мережі

стояки та випуски із споруд.

Зовнішня каналізація, яка призначена для транспортування стічних вод за межі населених пунктів і підприємств, включає трубопроводи (самоточні та напірні), насосні

станції та очисні споруди.

Під системою каналізації прийнято розуміти спільне чи роздільне відведення трьох категорій стічних вод (господарсько-побутових, промислових і зливових). У практиці міського господарства найбільше поширені загальносплавна і роздільна системи. За загальносплавної системи (рис. 3.11) усі три категорії стічних вод відводяться по одній загальній мережі труб і каналів за межі населеного пункту. За роздільної системи (рис. 3.12) зливові та умовно чисті промислові стічні води усуваються по одній мережі труб і каналів, а побутові та виробничі - по іншій.

Схемою каналізації називають технічно і економічно обґрунтоване вирішення прийнятої системи каналізації з урахуванням місцевих умов і перспектив розвитку об'єкта каналізування міста, селища, промислового чи житлового району. Залежно від рельєфу місцевості всю територію населеного пункту умовно поділяють на басейни каналізування, тобто ділянки, які обмежені вододілами. У кожному басейні по підземних каналізаційних трубах вуличної мережі стічні води збирають в один чи кілька колекторів. Стічні води сплавляють по колекторах самотоком, а у разі значного заглиблення колекторів мережу поділяють на кілька районів з нормальним заглибленням трубопроводів. З цих районних мереж стічні води надходять до районної насосної станції перекачування (РСП), звідки вони по напірному трубопроводу подаються на більш високу позначку

самоточні колектори. Влаштовують також каналізаційні насосні станції для подачі стічних вод безпосередньо до очисних споруд, звідки очищені стічні води скидаються у водні об'єкти.

Каналізаційна мережа - це сукупність підземних трубопроводів і колекторів для прийому і відведення стічних вод з території населених пунктів і промислових підприємств до місця розташування очисних споруд. Вона є основною частиною системи каналізації (рис. 3.13). До складу каналізаційної мережі входять внутріквартальні, дворові та вуличні мережі, колектори і напірні трубопроводи. До внутріквартальної чи дворової мережі через випуски приєднуються трубопроводи внутрішньої каналізаційної мережі, яка прокладається всередині споруд. Для перекачування стічних вод до очисних споруд влаштовуються насосні станції, а для огляду і ремонту каналізаційної мережі - каналізаційні колодязі. На промислових підприємствах може існувати кілька каналізаційних мереж для відведення стічних вод різного складу (сильнокислих, сильнолужних та ін.).

Каналізаційний колектор є ділянкою каналізаційної мережі, яка збирає стічні води з басейнів каналізування. Вони поділяються на: колектори басейну каналізування, які приймають стічні води з каналізаційної мережі одного басейну, головні колектори, які збирають стічні води з двох чи кількох колекторів басейнів каналізування, і замиські, чи відвідні, колектори, які відводять стічні води транзитом (без приєднань) за межі об'єкта каналізування до насосних станцій, очисних споруд чи до місць скидання у водні об'єкти.

Для спостереження за функціонуванням каналізаційної мережі, її промивання та очистки служать каналізаційні колодязі. Виділяють каналізаційні колодязі оглядові, перепадні та промивні. Оглядові колодязі бувають лінійними, вони обладнуються на прямолінійних ділянках мережі; поворотними - у місцях зміни напрямку траси; вузловими - коли з'єднуються кілька ліній; контрольними - у місцях приєднання дворової чи внутріквартальної мережі до вуличної. Перепадні колодязі влаштовують за суттєвої різниці позначок підвідної та відвідної труб. Промивні колодязі служать для розмиву осадів, які утворюються в трубах за малих швидкостей руху стічних вод.

При проектуванні каналізаційної мережі беруть до уваги, за можливості, самоточний режим руху господарсько-побутових і промислових стічних вод. Гідравлічний розрахунок полягає у визначенні

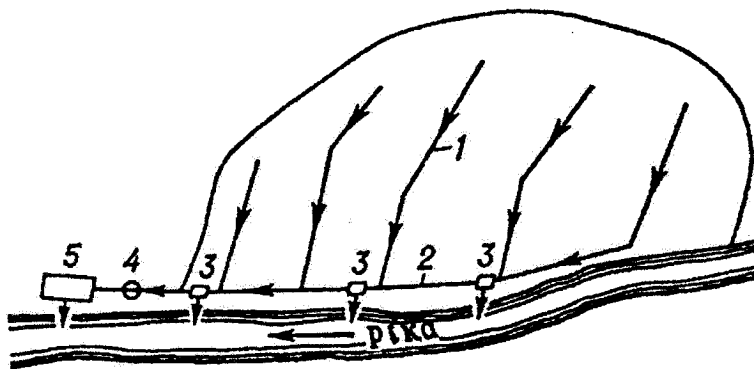


Рис. 3.11. Загальносплавна система каналізації: 1 - колектори; 2 - головні колектори; 3 - колектори зливових спусків; 4 - насосна станція; 5 - очисні споруди із скидом стічних вод у річку

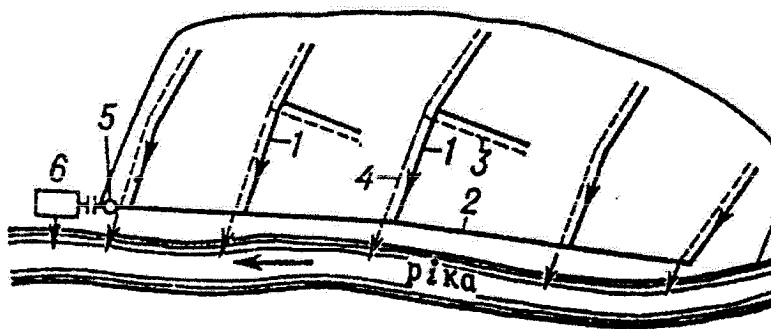


Рис. 3.12. Роздільна система каналізації: 1, 2 - побутова мережа; 3, 4 - зливові мережа; 5 - насосна станція; 6 - очисні споруди

діаметрів каналізаційних труб, ступеня їх наповнення, швидкості течії стічних вод тощо. Мінімальна глибина закладання каналізаційної мережі, яка залежить від глибини промерзання ґрунту, повинна бути достатньою для збереження труб від руйнування наземним транспортом (1,5 - 2м). Вибір матеріалу труб для прокладання каналізаційної мережі залежить від призначення трубопроводу. Самоточна мережа виконується із керамічних, азбоцементних

бетонних і залізобетонних труб, а колектори більших діаметрів - із залізобетонних труб чи збірних залізобетонних елементів. Для напірних трубопроводів застосовують металеві, азбоцементні і залізобетонні труби. Можливе використання труб із синтетичних матеріалів.

3.6. Споруди для очистки стічних вод

Очисні споруди є комплексом інженерних споруд у системі каналізації населеного пункту чи промислового підприємства, призначеним для очистки стічних вод від забруднюючих речовин, які містяться в них (рис. 3.14). Метою очистки є підготовка стічних вод до використання на підприємстві чи до скидання їх у водні об'єкти.

Промислові стічні води, як правило, спочатку очищують на локальних очисних спорудах для зниження концентрації забруднюючих речовин, вилучення з них та утилізації корисних речовин, а також для підготовки цих вод до очистки на загальнозаводських очисних спорудах (якщо це необхідно). Після локальної очистки стічні води

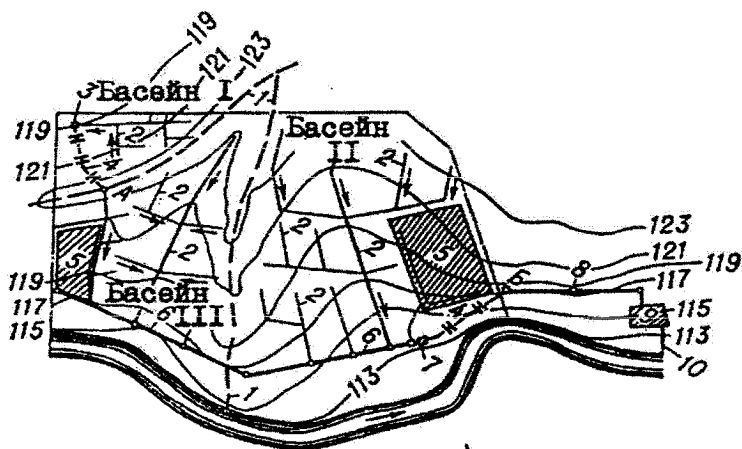


Рис. 3.13. Загальна схема та основні споруди каналізації населеного пункту: 1 - межі басейнів каналізування; 2 - вулична мережа і колектори; 3 - районна насосна станція; 4 - напірні водоводи; 5 - промислові підприємства; 6 - головний колектор; 7 - головна насосна станція; 8 - замський колектор; 9 - очисні споруди; 10 - випуск у водний об'єкт

може бути використано знову в технологічному процесі. В окремих випадках очищені промислові стічні води скидаються у водні об'єкти або без повної очистки у міську каналізаційну мережу. Залежно від забруднення і необхідного ступеня очистки стічних вод до складу очисних споруд можуть входити споруди механічної, біологічної, фізико-хімічної та додаткової очистки (рис. 3.15).

На спорудах механічної очистки із стічних вод вилучають до 75% нерозчинних забруднюючих речовин (дрібні мінеральні домішки, пісок, жири, нафтопродукти та ін.). Речовини, які спливають, затримуються за допомогою ґрат чи сит, вилучаються з води, подрібнюються в подрібнювачах молоткового типу і скидаються назад у потік стічної води або ж піддаються обробці спільно з осадами. Пісок та інші дрібні мінеральні домішки затримуються при пропусканні стічних вод через піскоуловлювачі. Пісок, який осів, переміщується гідроелеватором на так звані піскові майданчики або ж у бункери, звідки вивозиться і використовується для вирівнювання ділянок місцевості. Не розчинені завислі частки затримуються головним чином у відстійниках і септиках. Для усунення нафтопродуктів, жирів та інших речовин з густиною, близькою до густини води, застосовуються флотатори та спеціальні уловлювачі.

Органічні забруднюючі речовини, які містяться у стічних водах у вигляді колоїдів і розчинених речовин, вилучаються на 90 - 95 % шляхом біологічної очистки у спеціальних спорудах (аеротенки, біофільтри, септики, метантенки, поля фільтрації, біоствавки).

Хімічні методи очистки ґрунтуються головним чином на тому, що при введенні у стічну воду розчинів певних реагентів утворюються пластівці, які сприяють осадженню завислих речовин. Фізико-хімічна очистка забезпечується обладнанням для приготування і дозування реагенту (при реагентній очистці), змішувачами для змішування стічних вод з реагентом, камерами реакції для початкового утворення пластівців, відстійниками, в яких осаджуються завислі речовини і частково колоїди. Окрім реагентної очистки, до фізико-хімічних методів належать електрохімічні, гіперфільтрація, окиснення та ін.

Додатковій очистці стічні води підлягають, якщо є така необхідність, після біологічної очистки. При цьому використовується

в основному фільтрація, реагентна обробка та інші методи, які забезпечують усунення органічних завислих речовин фосфору і азоту.

Останній етап обробки стічних вод - їх дезинфекція (знезараження) хлором, який впливає на бактеріальні організми, що лишилися після біологічної, хімічної та додаткової очистки. Для цього служать такі споруди, як хлоратори, контактні резервуари.

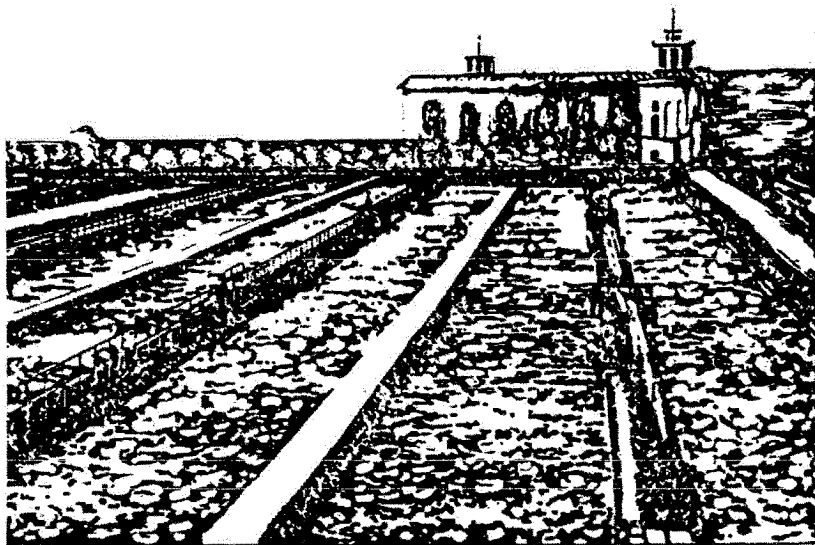


Рис 3.14. Фрагмент загального вигляду очисних споруд

У процесі очистки стічних вод у відстійниках накопичується осад. Він погано сохне, має неприємний запах і є небезпечним у санітарному відношенні. Після збродження осад вже не має цих негативних властивостей, тому застосовуються споруди для обробки і знезараження осаду - септики, двох'ярусні відстійники, метантенки, мулові майданчики, вакуум-фільтри, центрифуги і фільтрпреси. Детально процеси, які відбуваються за різних видів очистки, розглядаються у розділі 8.

У невеликих містах, яких переважна більшість в Україні, очисні станції обладнано дещо простіше. Наприклад, на рис. 3.16 наведено загальну схему станції біологічної очистки стічних вод м.Богуслава Київської області (20 тис. жителів) продуктивністю близько 20 тис.м³/

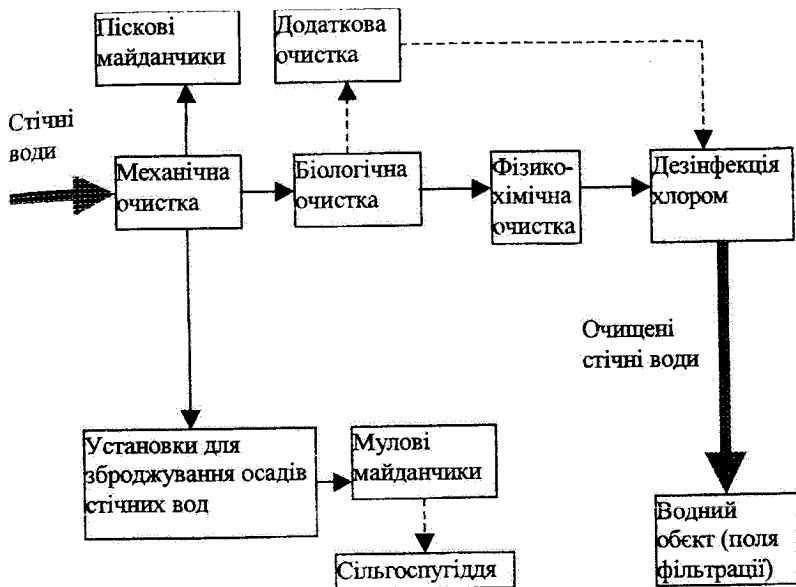


Рис. 3.15. Загальна схема видів очистки стічних вод на очисних спорудах

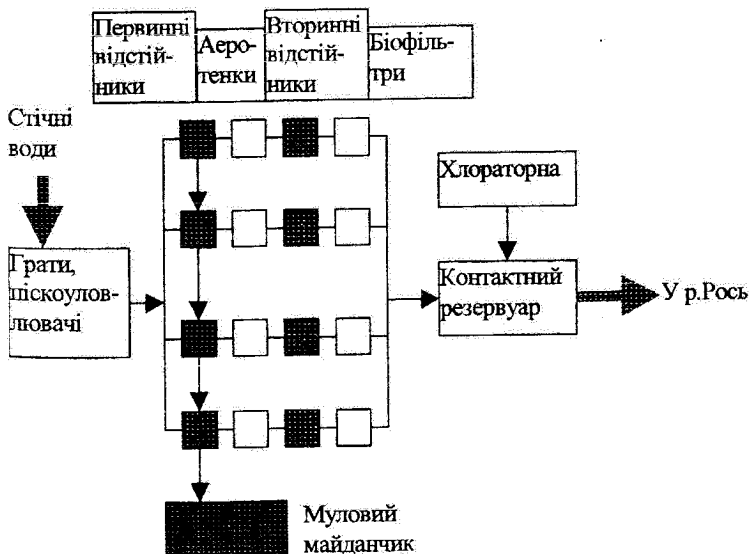


Рис. 3.16. Загальна схема станції очистки стічних вод м.Богуслава Київської області

добу. Приблизно така сама схема очисних споруд м.Канева Черкаської області (30 тис. жителів), але там немає прямого скидання очищених стічних вод у річку, вони подаються на поля фільтрації.

4. ЯКІСТЬ ВОДИ ДЛЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ

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

4.1. Фізичні та хімічні показники якості води

До *фізичних показників якості води* належать температура, прозорість чи каламутність, колірність, запах і смак.

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

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

Колірність 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. Колірність води зумовлено наявністю в ній гумусових речовин, розвитком водоростей (“цвітіння” водойм), колоїдними сполуками заліза, а також забарвленими стічними водами. Оскільки причини, які зумовлюють колірність води, є різноманітними, ефективність усунення колірності значною мірою залежить від встановлення її природи.

Смак і запах води. Природна вода може мати смак і запах. Схематично виділяють чотири смаки води: солоний, гіркий, солодкий і кислий. Гіркий смак надає воді $MgSO_4$, солоний - $NaCl$. Кислий смак мають мінеральні води за великого вмісту 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 виділяють: ароматичний, болотний, гнильний, деревний, землястий, пліснявий, рибний, трав'янистий, непевний. До цієї самої групи

належить і сірководневий запах, який викликано наявністю у воді розчиненого сірководню. Запахи штучного походження, зумовлені домішками деяких промислових стічних вод, називають за продукуючими їх речовинами: фенольний, хлорфенольний, нафтовий, смолистий.

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

Активна реакція води визначає ступінь кислотності чи лужності води, що у практиці водопідготовки має велике значення; рН дозволяє правильно визначити форму знаходження в природних водах вуглекислих і кремнекислих сполук, відіграє значну роль при обробці води. Для більшості природних вод рН коливається в межах 6,5 - 8,5 (табл. 4.1.).

Таблиця 4.1. Класифікація вод за величиною рН

Тип вод	Величина рН
Сильнокислі	< 3,0
Кислі	3,0 - 5,0
Слабкокислі	5,0 - 6,5
Нейтральні	6,5 - 7,5
Слабколужні	7,5 - 8,5
Лужні	8,5 - 9,5
Сильнолужні	> 9,5

Окиснюваність води. Серед компонентів природних вод важливу роль відіграють органічні речовини. Через велику кількість визначити їх індивідуально досить важко. Тому, як правило, виконують сумарну оцінку їх вмісту у воді шляхом визначення окиснюваності. Величина окиснюваності виражається витратою окисника чи еквівалентної кількості кисню на окиснення органічних речовин в 1 л води. Найменшою окиснюваністю (до 2 мг О/л) характеризуються артезіанські води. Окиснюваність річкової води й води водосховищ коливається в межах 2-8 мгО/л. Підвищена окиснюваність 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 в 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 чи 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 охарактеризовано величиною сухого залишку. Сухий залишок, який утворюється при випаровуванні певного об'єму води, попередньо профільтрованої через 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 (табл. 4.2).

Таблиця 4.2. Характеристика природних вод за величиною сухого залишку

Група	Сухий залишок, мг/л
1. Ультрапрісні	До 100
2. Прісні	100 - 1000
3. Слабкосолоні	1000 - 3000
4. Солоні	3000 - 10000
5. Сильносолоні	10000 - 50000
6. Розсоли	50000 - 300000
7. Ультразосоли	Більше 300000

Хлориди. Через велику розчинність хлористих солей (NaCl - 360 г/л, MgCl_2 - 545 г/л) іони хлору присутні майже в усіх водах. Велику кількість хлоридів у воді може бути зумовлено вимиванням натрієвої солі чи інших хлористих сполук з найближчих шарів, а також скиданням у воду промислових і господарсько-побутових стічних вод. У проточних

водоймах кількість хлоридів є невеликою - 20-30 мг/л. Хлориди, які присутні у воді у великій кількості, при контакті з бетоном руйнують його в результаті витуговування 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 розуміють суму гідратів і солей слабких кислот (вугільної, фосфорної, кремнієвої, гумінової тощо). Відповідно до цього виділяють лужність бікарбонатну, карбонатну, гумінову, гідратну.

Твердість води зумовлюється наявністю в ній іонів кальцію і магнію. Присутність 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 цілого ряду інших виробництв (при виготовленні штучного волокна, пластмас, кіноплівки, паперу).

За твердістю води класифікуються таким чином, ммоль/л:

Дуже м'які	До 1,5
М'які	1,5-3,0
Середні	3,0-6,0
Тверді	6,0-10,0
Дуже тверді	Більше 10,0

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/л вода набуває неприємного

чорнильного чи залізного присмаку. У результаті окиснення бікарбонату двовалентного заліза киснем повітря утворюється гідроксид заліза, який збільшує каламутність води і підвищує колірність. 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 (від грецького *toxikos* - отруйний) 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/л), 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 розпаду (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. Допустимими межами радіоактивності води відкритих водойм за будь-яких сумішей радіоактивних речовин з неідентифікованим ізотопним складом вважаються $3 \cdot 10^{-11}$ Кі/л.

Лабораторно-виробничий контроль якості води у місцях водозабору проводять у межах вимог стандарту 2874-82 "Вода питна. Гігієнічні вимоги та контроль за якістю". Перелік вимог може додатково узгоджуватися з органами санітарно-епідеміологічної служби з урахуванням місцевих природних і санітарних умов.

На водопроводах з підземним джерелом водопостачання аналіз води протягом першого року експлуатації проводять не рідше чотирьох разів (за сезонами року), надалі не рідше одного разу на рік у найбільш несприятливий період за результатами спостережень першого року. На водопроводах з поверхневим джерелом водопостачання аналіз води у місцях водозабору проводять не рідше одного разу на місяць.

4.2. Характеристика вод за видами їх використання

Вода використовується для пиття, господарсько-побутових цілей, промислового виробництва, транспорту і сільського господарства. Основним показником, який визначає придатність води для різних цілей, є склад і концентрація в ній домішок. Особливі вимоги висуваються до питної води, оскільки від цього залежить здоров'я людей.

Якість води, яка використовується в промисловості, значною мірою визначає ефективність роботи підприємств, собівартість продукції. Широкий розвиток хімічної промисловості вимагає значного вдосконалення і розширення діапазону методів підготовки води, оскільки хімічні виробництва висувають специфічні, іноді дуже суворі, вимоги до якості води.

Залежно від цільового призначення води виділяють такі системи водопостачання: 1) господарсько-питні, які забезпечують також харчову промисловість; 2) сільськогосподарські; 3) виробничі чи технічні (для технологічних процесів виробництва: охолодження агрегатів, пари, рідких і газоподібних продуктів у холодильниках і конденсаторах).

Розрізняють ще системи протипожежні, поливні (для поливу і миття вулиць), для заводнення нафтових шарів; об'єднані системи, які задовольняють одночасно різні потреби.

Питна вода. Головні вимоги - нешкідливість і безпечність для здоров'я населення, добрі органолептичні властивості і придатність для господарсько-побутових потреб. Смакові якості води визначаються перш за все кількістю і якістю розчинених в ній солей (табл. 4.3).

Таблиця 4.3. Значення концентрації солей, які надають воді присмаку, мг/л

Сіль	Слабко відчутний смак	Помітний смак	Неприємний смак
NaCl	165	495	660
MgCl ₂	135	400	535
Na ₂ SO ₄	150	450	-
CaSO ₄	70	140	-
MgSO ₄	250	625	750
FeSO ₄	1,6	4,8	-
NaNO ₃	70	205	346
NaHCO ₃	415	450	-

Норми якості, яким повинна відповідати питна вода, встановлені стандартом 2874-82 "Вода питна. Гігієнічні вимоги та контроль за якістю". Він розроблений ще в 1982 р. і діє в Україні до цього часу разом з ДСанПН 1996 р. Якщо вода не відповідає вимогам, її обробляють і доводять до норми, яку встановлено. Основні вимоги до якості питної води передбачають визначення близько 40 показників.

За мікробіологічними показниками питна вода повинна відповідати таким умовам: загальна кількість бактерій в 1 мл води - не більше 100 колоній; кількість бактерій кишкових паличок в 1 л води (колі-індекс) - не більше 3. Концентрація хімічних речовин, які зустрічаються в природних водах чи додаються у воду при її обробці, не повинна перевищувати стандартних нормативів, наведених у табл. 4.4.

Таблиця 4.4. Нормативи концентрацій деяких хімічних речовин у питній воді

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

Концентрації хімічних речовин, які впливають на органолептичні властивості води і зустрічаються в природних водах чи додаються у воду при її обробці, не повинні перевищувати стандартних нормативів, наведених у табл. 4.5.

Органолептичні властивості води мають відповідати стандартним вимогам, наведеним у табл. 4.6. Вміст солей групи важких металів, радіоактивних елементів, інших шкідливих речовин, які не згадано вище, повинен відповідати нормам, встановленим Міністерством охорони здоров'я, а за відсутності офіційних норм визначається ним у кожному окремому випадку.

Таблиця 4.5. Нормативи концентрацій хімічних речовин, які впливають на органолептичні властивості питної води

Назва показника	Норматив
Водневий показник, рН	6,0-9,0
Залізо (Fe), мг/л, не більше	0,3
Марганець (Mn), мг/л, не більше	0,1
Твердість загальна, ммоль/л, не більше	7,0
Мідь (Cu^{2+}), мг/л, не більше	1,0
Поліфосфати залишкові (PO_4^{3-}), мг/л, не більше	3,5
Сульфати (SO_4^{2-}), мг/л, не більше	500
Сухий залишок, мг/л, не більше	1000
Хлориди (Cl^-), мг/л, не більше	350
Цинк (Zn), мг/л, не більше	5,0

Примітка. Для водопроводів, які подають воду без спеціальної обробки за погодженням з органами санітарно-епідеміологічної служби, допускається: сухий залишок до 1500 мг/л; загальна твердість до 10 ммоль/л; залізо до 1 мг/л; марганець до 0,05 мг/л.

Таблиця 4.6. Вимоги до органолептичних властивостей питної води

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

Примітка. За згодою з органами санітарно-епідеміологічної служби допускається збільшення колірності води до 35 градусів; каламутності (у паводковий період) - до 2 мг/л.

Використання джерел водопостачання з більшим показником сухого залишку допускається лише за умови відсутності інших джерел з обов'язковим погодженням з органами санітарного нагляду. За О.О.Алекініним, для посушливих районів граничною нормою можна вважати такі градації мінералізації, г/л:

Добра	До 1,0
Задовільна	1,0-2,0
Допустима	2,0-2,5
Межа	2,5-3,0

Але слід мати на увазі, що дуже мала мінералізація (до 100 мг/л) також погіршує якість води, а вода без солей взагалі вважається шкідливою, оскільки вона знижує осмотичний тиск у клітині. Це стосується Крайньої Півночі і районів, де використовується вода від

танення льодовиків. Тут низька мінералізація води й нестача в ній кальцію є загальною гігієнічною проблемою, що викликає необхідність збагачення води мінеральними солями. У табл. 4.7 наведено порівняльну характеристику стандартів якості питної води в різних країнах. Вода, яка використовується у харчовій промисловості, повинна мати ті самі властивості, що і питна.

Таблиця 4.7. Порівняльна таблиця стандартів якості питної води різних країн за деякими компонентами, мг/л

Речовина	Стандарти питної води			
	Стандарт 2874-82	Міжнародний (ВООЗ)*	Європейський	США
Берилій	0,0002	-	-	-
Свинець	0,1	0,05	0,1	0,05
Молибден	0,5	-	-	-
Арсен	0,05	0,05	0,2	0,05
Селен	0,001	0,01	0,05	0,01
Ціаніди	-	0,2	0,01	0,2
Фтор	0,7-1,5	1,0-1,5	1,5	0,7-1,7
Нітрати	45,0	45,0	50,0	45,0
Мідь	1,0	1,5	3,0	1,0
Цинк	5,0	15,0	5,0	5,0
Залізо	0,3	1,0	0,1	0,3
Хлориди	350,0	600,0	350,0	250,0
Сульфати	500,0	400,0	250,0	250,0
Мінералізація	1000,0	1500,0	-	500,0

* Всесвітня організація охорони здоров'я - ВООЗ.

Окремі види промисловості висувають до води свої специфічні вимоги, пов'язані з технологією. Так, у воді для цукрової промисловості мають бути відсутніми гнильні речовини, які розкладаються у дифузорах. Загальний вміст солей повинен бути найменшим, оскільки підвищена концентрація солей утруднює варіння і кристалізацію цукру. Для пивоваріння необхідно, щоб CaSO_4 , який заважає бродінню солоду, було у воді якнайменше. Вода для виробництва алкогольних напоїв не повинна містити хлористого кальцію і хлористого магнію, які шкідливо впливають на життєдіяльність дріжджів. Такі самі вимоги ставляться до води у молочній, консервній та інших видах харчової промисловості.

Вода, яка використовується у сільському господарстві. Вода для тварин в основному має відповідати вимогам, які ставляться до питної води, хоча до таких показників, як колірність, прозорість і запах

вимоги можуть бути дещо зниженими. Температура води повинна, за можливості, знаходитись у межах 8–15°C, допустимий ступінь мінералізації води в цілому визначається її смаковими якостями.

Вода для зрошення має містити незначну кількість мінеральних солей, оскільки в іншому разі виникає небезпека засолення ґрунту результаті випаровування води та акумуляції солей, які в ній містяться. У той самий час допустимі величини мінералізації можуть змінюватись в широких межах залежно від умов поливу, дренажу, метео-агротехнічних факторів. Вода з мінералізацією до 1 г/л є придатною для зрошення у всіх випадках. За поганих умов дренажу і слабко фільтруючих ґрунтах гранично-допустимий вміст солей не повинен перевищувати 1,5 г/л.

Вода для охолодження виробленої продукції чи працюючих агрегатів має бути такою, щоб зменшити об'єм відкладів і не викликати корозію холодильного обладнання. Відклади у холодильних апаратах утруднюють теплопередачу, зменшують переріз труб, знижуючи інтенсивність циркуляції води і тим самим перешкоджають охолодженню. Вода для охолодження не повинна містити великозернисту неорганічну суміш (пісок), яка здатна осідати в каналах холодильників і конденсаторах. Більш дрібні завислі речовини (мул, глина), хоч і не осідають, але захоплюються утвореним накипом, що порушує умови теплообміну.

За використання для прямооточного охолодження води, в якій багато органічних речовин, за температури стінок близько 30–40°C виникає небезпека появи на конденсаторах парових турбін біологічних наростів, які складаються з бактерій, грибів, водоростей. У разі використання морської води можливі нарости черепашок мідій, мпанок та інших організмів. За оборотної системи водопостачання небезпека відкладів значно зростає, оскільки при нагріванні води, розбризкуванні її на градирнях і в басейнах кількість вуглекислоти зменшується. У результаті цього відбувається зсув вуглекислої рівноваги у бік утворення малорозчинного карбонату кальцію. А він відкладається на стінках труб, по яких циркулює охолоджена вода.

Спеціальних норм, які регламентують якість води для охолодження, немає, оскільки її придатність залежить від цілого ряду факторів: температури води і охолоджуваної поверхні, карбонатної твердості, вмісту вільної вуглекислоти, завислих речовин, заліза, мікроорганізмів

системи водопостачання (пряма чи оборотна). Тому необхідну якість води для охолодження встановлюють у кожному конкретному випадку, виходячи з перелічених умов. Але в усіх випадках вода повинна мати, за можливості, найбільш низьку температуру, і в ній не повинні утворюватися сприятливі умови для розвитку біологічних наростів.

Вода для паросилового господарства має бути вільною від домішок, які можуть спричиняти відклади накипу, винос солей з паром і корозію металу. Тому важливою характеристикою є твердість води. небезпека утворення накипу полягає в його малій теплопровідності. Це призводить до погіршення теплопередачі, перевитрати палива, підвищення температури (перегріву) металу, що викликає розриви на найбільш теплонапружених кип'ятильних і екранних трубах. Крім того, накип порушує циркуляцію води у котлі і може повністю забити труби. Накип утворюється в результаті термічного розпаду бікарбонатів, а також збільшення концентрації інших розчинених у воді солей, що пов'язано з безперервним випаровуванням. А це, в свою чергу, призводить до осадання солей з розчину і відкладення їх на стінках котла.

З накипоутворюючих солей найбільш шкідливими є ті, розчинність яких з підвищенням температури зменшується, тобто солі з від'ємним термічним коефіцієнтом розчинності (сульфат кальцію, силікати кальцію, магнію і карбонат кальцію). Ці солі легко осаджуються на стінках парових котлів, утворюючи котельний камінь, який особливо легко відкладається на найбільш нагрітих поверхнях.

Вода, яка використовується для інших технологічних цілей, може мати найрізноманітніше призначення. У зв'язку з цим і змінюються вимоги до її якості. Розрізняють: 1) воду, яку використовують при видобуванні, відмиванні, сортуванні, гідротранспортуванні і збагаченні корисних копалин та іншої сировини; в основному тут вимагається лише звільнення води від грубих завислих речовин; 2) воду, яка контактує з продукцією; 3) воду, яка входить до складу продукції. Ї останніх двох випадках вимоги до води є специфічними і зумовлені не тільки окремими видами виробництва, але і прийнятою технологічною схемою. У ряді випадків ці вимоги є більш високими, ніж ті, які висуваються до питної води. Так, у воді, яка використовується у фотографії, не допускається наявності заліза.

марганцю, кремнієвої кислоти, великих кількостей хлоридів, органічних речовин.

Дуже суворі вимоги ставляться до якості води, яка використовується для відбілювання і фарбування у бавовняній промисловості; до води, що йде на приготування мила, барвників, розчинників.

Вода, яка використовується для заводнення нафтових шарів, повинна знижувати приємність свердловини - властивість свердловини поглинати воду, що відбувається, коли у воді містяться

- 1) речовини, які призводять до забивання фільтрів свердловини;
- 2) хімічні компоненти, які взаємодіють з породою, утворюючи сполуки, що сприяють зменшенню поруватості продуктивного шару

4.3. Джерела забруднення природних вод

Використовуючи водні об'єкти для водопостачання необхідно враховувати можливість їх забруднення. Забрудненням водних об'єктів називається перевищення концентрації забруднюючих речовин чи значень показників фізичних властивостей води гранично допустимих концентрацій, яке викликає порушення норм якості води. Треба чітко розділяти і відповідно вживати поняття "забруднювач" "забруднююча речовина".

Забруднювач - це джерело забруднення природних вод, з якого у них надходять забруднюючі речовини, гідробіоти чи тепло, в результаті чого може бути перевищено ГДК. Термін "забруднювач" не можна вживати замість терміну "забруднююча речовина". Останнім часом термін "забруднювач" замінюють терміном "джерело забруднення" - об'єкт, з якого у поверхневі або підземні води надходять забруднюючі речовини, мікроорганізми або тепло.

Забруднююча речовина - це будь-яка хімічна речовина, тепло чи біологічний вид, який у результаті господарської діяльності людини потрапляє у водний об'єкт чи утворюється в ньому в кількостях, що виходять за природні граничні коливання чи середній природний фон і призводять до погіршення якості води. Не можна вживати замість терміну "забруднюючі речовини" термін "забруднення".

Крім загального поняття забруднення природних вод, виділяють ще такі види забруднення, як біологічне, теплове, вторинне (забруднення природних вод у результаті перетворення внесених раніше забруднюючих речовин, масового розвитку організмів чи

розкладання мертвої біомаси, яка міститься у воді та донних відкладах).

Накопичення у водних об'єктах сторонніх предметів називають *засміченням вод*.

Головним джерелом надходження в природні води токсичних речовин є *стічні води промислових підприємств*. Незважаючи на те, що на будівництво очисних споруд витрачаються величезні кошти, стічні води деяких підприємств містять значну кількість важких металів, детергентів, нафтопродуктів та інших інгредієнтів. Ці речовини відсутні в незабруднених природних водах або ж містяться в значно менших концентраціях. Найбільша кількість забруднюючих речовин у воду надходить разом із стічними водами підприємств нафтопереробної, хімічної, целюлозно-паперової, металургійної, текстильної і деяких інших галузей промисловості.

Великої шкоди водоймам і річкам завдають *стічні води сільськогосподарських територій*, особливо колекторні та дренажні води зрошуваних полів. Стік з сільськогосподарських угідь може бути поверхневим і ґрунтовим. Тому на цих територіях нерідко забруднюються ґрунтові води.

Склад мінеральних солей, які вилуговуються з ґрунту, залежить від ступеня й характеру засоленості ґрунту, умов поливу, стану колекторно-дренажної мережі та інших умов. Кількість солей, що виносяться з 1 га, коливається у великих межах: від 1 до 200 т/р.. У зв'язку з широким використанням добрив значна частка із загального складу мінеральних компонентів, які виносяться з сільгоспугідь, припадає на азот і фосфор. Винос пестицидів зумовлюється стійкістю препаратів у природному середовищі та факторами, про які згадувалося вище. Найбільш стійкими є хлорорганічні пестициди (ДДТ, хлордан, гексахлорциклогексан), які можуть зберігатися в ґрунті до 15 років. За ступенем персистентності вони відносяться до дуже стійких. Значно менш стійкі фосфорорганічні сполуки (хлорофос, карбофос та ін.), які повністю зникають через 45 - 60 днів.

З колекторними і дренажними водами у водні об'єкти надходять мінеральні та органічні речовини, а також пестициди. Під впливом скидання органічних речовин у водах річок та інших водних об'єктів можуть відбуватись значні зміни концентрацій окремих компонентів, а також фауни і флори.

Збільшення ерозії ґрунтів при розорюванні сільгоспугідь, а особливо при поливі, сприяє виносу значної кількості мінеральних і завислих речовин, що призводить не тільки до забруднення водних об'єктів, але й до посилення темпів їх евтрофікації, порушення умов живлення. У зв'язку з інтенсифікацією сільськогосподарського виробництва і спорудженням великих тваринницьких комплексів особливого значення набуває забруднення водних об'єктів стічними водами цих комплексів.

Не менш суттєвим джерелом забруднення водойм і водотоків є *господарсько-побутові стічні води*. Вони утворюються в результаті використання населенням водопровідної води для побутових цілей. Господарсько-побутові стічні води містять фізіологічні виділення людей, відходи від миття посуду, прання білизни, а також інші відходи (ганчір'я, папір). За зовнішнім виглядом ці стічні води є рідиною з низькою прозорістю, сірим кольором і неприємним запахом. Для них є характерною насиченість яйцями гельмінтів і бактеріальною флорою, значну частину якої становлять шкідливі для здоров'я мікроорганізми.

У наш час збільшується забруднення *повітряного басейну*, що також викликає погіршення якості води. В атмосферних опадах містяться мінеральні, органічні та завислі речовини і перш за все сполуки сірки, вуглецю, деякі важкі метали. Значне забруднення водойм викликають "кислі" дощі, які утворюються в результаті сполучення в атмосфері діоксиду сірки з парами води.

На гідрохімічному і гідробіологічному режимах водних об'єктів значною мірою відчувається *вплив теплових і атомних електростанцій* за рахунок скидання теплих вод. Таке "*теплове забруднення*" порушує хід природних гідрохімічних процесів, часто викликає евтрофікацію водойм. У нашій країні встановлено граничні норми підвищення температури водойм у результаті скидання теплих вод. Ця температура не повинна перевищувати більш ніж на 3°C температуру водойми в літній період.

Крім названих основних джерел надходження забруднюючих речовин у водні об'єкти, слід згадати такі, як *міські зливові стічні води, втрати нафтопродуктів і хімікатів при транспортуванні, води шахт*.

Дещо відрізняється від згаданих видів забруднень *радіоактивне забруднення водних об'єктів*, яке не залежить від природних фізичних і хімічних умов і не може бути одразу ліквідоване на очисних спорудах.

Радіоактивне забруднення може бути викликано наявністю у воді радіоактивних елементів природного чи штучного походження. Найбільшу небезпеку становлять продукти ділення важких ядер, які утворюються при ядерних вибухах і в атомних реакторах. При розщепленні важких ядер (^{235}U , ^{233}U , ^{239}Pu та ін.) утворюється до 200 ізотопів різних радіоактивних і нерадіоактивних елементів. Найбільш небезпечними є довгоживучі ізотопи такі, як ^{90}Sr і ^{137}Cs з періодами напіврозпаду відповідно 28 і 33 роки.

Природна радіоактивність води пояснюється наявністю в основному розсіяних елементів - радію, урану, торію, радону і продуктів їх розпаду, а також ізотопу ^{40}K , який міститься в натуральному калії в кількості 0,011%.

Радіоактивні елементи мають властивість адсорбуватися завислими речовинами, які є у воді. Останні осідають і викликають радіоактивне забруднення донних відкладів. Тому при вивченні водойм на можливе радіоактивне забруднення необхідно відбирати проби донних відкладів, рослинності і водних тварин.

Атоми радіоактивних елементів мають три види випромінювань: α , β , γ . Найбільш небезпечним є α -випромінювання, яке викликає порушення важливих життєвих функцій.

Радіоактивне забруднення вивчається за допомогою радіометричних методів, більшість з яких ґрунтується на принципі вимірювання іонізації газу під дією випромінювання.

5. БАКТЕРІАЛЬНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ВОД

5.1. Загальна характеристика деяких мікроорганізмів

Оскільки у цьому розділі розглядаються питання, що стосуються мікробіології води, треба коротко охарактеризувати основні терміни, які використовуються.

Мікроби - загальна назва бактерій, актиноміцетів, дріжджів і мікроскопічних грибів, тобто мікроорганізмів, за виключенням мікроскопічних водоростей і найпростіших.

Бактерії (від грецького *bacteria* - паличка) - це велика група мікроскопічних, переважно одноклітинних організмів, які містять багато дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК) у ядрах клітин і значно менше рибонуклеїнової кислоти (РНК) у цитоплазмі. Бактерії мають примітивне ядро, розмножуються, як правило, поперечним діленням. Хоча переважна більшість бактерій має паличкоподібну форму, є також мікроорганізми кулеподібні чи звивистої форми. Бактерії є різноманітними за своєю фізіологією, біохімічно дуже активні, тому розповсюджені у воді, донних відкладах, ґрунті. Значну роль відіграють бактерії у кругообігу речовин у природі.

Морфологія та фізіологія бактерій. За розмірами бактерії дуже малі. Довжина паличкоподібних форм становить 2-5 мкм, ширина 0,4-0,8 мкм, діаметр кулеподібних форм - 1-2 мкм. Але бувають бактерії значних розмірів. Так, сіркобактерія *Thiophysa macrophysa* має діаметр 20 мкм, а нитки інших сіркобактерій (*Beggiatoa*) видно неозброєним оком.

Кулеподібні бактерії називають коками, а якщо вони розташовані попарно - диплококами. Якщо коки розмножуються поперечним діленням і після цього залишаються з'єднаними, утворюючи ланцюги, то їх називають стрептококами. Під час ділення коків у різних площинах виникають скупчення клітин у вигляді грон, що є характерним для стафілоkokів. Паличкоподібні бактерії, які утворюють спори, називають бацилами. Бактерії, які утворюють довгі нитки (ниткові бактерії), мешкають переважно у воді. Бактерії, які мають форму коми, називають вібріонами. Бактерії звивистої форми з грубими спіральними завитками називаються спірилами, з кількома рівномірними тонкими завитками - спірохетами.

До складу клітин бактерій входять ті самі біогенні елементи і мікроелементи, що і до складу клітин вищих рослин і тварин. Це С, N, O, H, S, P, K, Mg, Ca, Cl, Fe та ін. Окрім білків, вуглеводів і жирів, бактерії містять також РНК і велику кількість ДНК. Усі ці речовини можуть бути синтезовані лише з речовин, які містяться у навколишньому середовищі. Як правило, через напівпроникну цитоплазматичну мембрану всередину бактерій проходять лише розчинні речовини. Під дією гідролітичних ферментів, які надходять з бактеріальних клітин назовні, відбувається розкладання більш складних речовин (наприклад, крохмалю, целюлози) з утворенням розчинних продуктів, що потім засвоюються бактеріями.

Джерелом азоту для бактерій є білки, амінокислоти, амонійні солі та нітрати. Існує багато видів бактерій, які можуть фіксувати азот з атмосфери (азотобактер, мікробактерії, клубенькові бактерії).

Солі P, S, Cl, K, Na, Ca, а також Mo, Mn, Cu, B, V та інші становлять важливу частку мінерального живлення бактерій. Для їх розмноження необхідними є також такі фактори росту, як вітамін B, біотин та ін. Вуглець засвоюється бактеріями з вуглеводів, спиртів, органічних кислот, жирів та ін.

Бактерії, які здатні розвиватися лише в присутності кисню, називаються аеробними, без нього - анаеробними. При аеробному диханні відбувається окиснення органічних сполук з виділенням вуглекислого газу. Якщо ж окиснення йде до кінця, то в середовищі накопичуються проміжні продукти. Такі процеси називаються окиснювальним бродінням (наприклад, оцтово-кисле бродіння). Розкладання органічних речовин за анаеробних умов з вивільненням енергії називається бродінням. При зброджуванні вуглеводів можуть утворюватися молочна чи масляна кислота, етиловий чи бутиловий спирт та інші речовини.

Поширеність бактерій. Бактерії належать до космополітів. Одні і ті самі види можна зустріти на всіх материках на суші та у воді. В 1 г ґрунту містяться сотні тисяч чи мільйони бактерій, в 1 г води - десятки чи сотні і тисячі клітин. Сучасній мікробіології відомо не більше десятої частини бактерій, які існують у природі.

У процесі своєї еволюції бактерії пристосувалися до різноманітних умов життя. Існують термофільні бактерії, які мешкають, наприклад, у воді гарячих джерел. Психрофільні форми живуть за низької

температури у воді полярних морів, галофільні - здатні розмножуватися у середовищі з 20% розчином кухонної солі, ацидофільні і алкалофільні - існують в сильно кислому чи сильно лужному середовищі тощо.

Між різними видами бактерій, з одного боку, та іншими мікроорганізмами, рослинами чи тваринами - з іншого, можуть існувати як антагоністичні, так і симбіотичні відносини.

Пригнічення одних видів мікроорганізмів іншими називають антибіозом (антагонізмом). Вперше це явище було виявлено Л.Пастером (1877). В одних випадках під впливом антагоністів мікроби перестають розвиватися і розмножуватися, в інших пригнічуються перестають розвиватися і розмножуватися, в інших пригнічуються біохімічні процеси. Частіше за все мікроби-антагоністи діють на конкурентів продуктами обміну речовин, у тому числі антибіотиками, або ж витісняють їх внаслідок більш інтенсивного розмноження. Мікроби-антагоністи широко використовуються у виробництві антибіотиків - препаратів, що широко використовуються в медицині. Думка про використання явищ антагонізму мікробів для знепшкодження хвороботворних бактерій належить І.І.Мечникову, який запропонував застосувати молочнокислі бактерії з кислого молока для пригнічення шкідливих гнильних бактерій, що знаходяться в шлунку людини. Уперше в чистому вигляді було виділено антибіотик "тиротрицин" американським ученим Р.Дюбо у 1939 р.

За симбіотичного існування, яке ґрунтується на взаємній користі, один вид бактерій може споживати продукти життєдіяльності іншого виду, накопичення яких пригнічує розвиток останнього. У свою чергу симбіонт може виділяти у середовище речовини, які є додатковими факторами розвитку іншого виду бактерій. Прикладом такого симбіотичного існування можуть бути мікроорганізми кишкової флори людини і тварин. Мікроби заселяють кишечник господаря з перших годин життя, потрапляючи туди головним чином з їжею. З розвитком організму (від немовляти до дорослого) кишкова флора змінюється, поки не набуває певної стабільності. Так звана нормальна кишкова флора складається з двох груп мікроорганізмів: 1) коменсальних форм і сапрофітів (гнильних бактерій); 2) умовно, чи потенційно, хвороботворних.

У верхньому відділенні кишків мікробів порівняно мало, оскільки більшість з них гине під дією соляної кислоти шлункового соку. Тут

переважають аеробні стрептококи, лактобацили і дріжджі. У нижніх відділах кишечника мешкають бактерії головним чином з групи кишкової палички і спороносних бацил. У 1 г екскрементів людини міститься $3-5 \cdot 10^{11}$ мікробів, а у всьому кишечнику - близько 10^{15} мікроорганізмів. Бактерії, які мешкають у кишечнику, утворюють ферменти, необхідні для травлення, а також ряд речовин, надзвичайно важливих для життєдіяльності людини (незамінні амінокислоти, різні вітаміни тощо).

Роль бактерій у кругообігу речовини в природі. Мінералізуючи рослинні та тваринні рештки, мікроорганізми беруть участь у кругообігу всіх хімічних елементів, що входять до складу живих клітин. Так, джерелом вуглецю для вищих рослин і хемоавтотрофних бактерій є вуглекислота атмосфери, яка фіксується в процесі фото- чи хемосинтезу. Біомаса рослин і тварин розкладається мікроорганізмами, які здатні утворювати целюлозу, пентозу, крохмаль, лігнін, пектинові речовини, вреспті-решт, до вуглекислоти та води.

Значну роль відіграють мікроорганізми у кругообігу азоту. Тварини, споживаючи рослини, синтезують білок та інші азотовмісні продукти за рахунок білка рослин. Під час мінералізації тваринного і рослинного білка гнильні бактерії утворюють аміак, який окиснюється нітрифікуючими бактеріями до нітритів, а потім нітратів. Як амонійні солі, так і нітрати служать джерелом азотистого живлення для вищих рослин, які синтезують при цьому білки свого тіла.

Мінералізуюча здатність бактерій забезпечує кругообіг й інших біогенних елементів. Руйнуючи органічні сполуки фосфору (нуклеїнові кислоти та ін.), вони збагачують мінеральними сполуками фосфору водойми і ґрунт. Під впливом бактерій відбувається мінералізація й органічних сполук сірки. Сірчані бактерії можуть окиснювати сірководень, сірку чи деякі їх сполуки до сірчаної кислоти; інші здатні відновлювати сульфати з утворенням сірководню. Бактерії беруть участь у окисненні заліза і марганцю, відкладанні солей кальцію, окисненні метану і водню, руйнуванні гірських порід продуктами своєї життєдіяльності та ін. Уся ця діяльність дозволяє вважати бактерії важливим екологічним фактором.

З багатьма видами бактерій доводиться вести серйозну боротьбу, попереджаючи їх шкідливий вплив на продукти харчування, різні матеріали і вироби. Багато захворювань людини викликаються

патогенними (хвороботворними) бактеріями. До таких захворювань належать різні епідемічні захворювання (холера, черевний тиф, паратиф, чума, дифтерія, бруцельоз), а також туберкульоз, зараження крові - сепсис та ін. У тварин бактерії викликають теж ряд захворювань. Від фітопатогенних мікроорганізмів зазнають шкоди рослини. Боротьба з хвороботворними бактеріями ґрунтується на застосуванні антисептичних і асептичних заходів, на використанні бактерицидних речовин.

Також бактерицидні властивості мають вина. Так, додавання 1/3 столового вина до води, яка вживається, призводить до загибелі більшості бактерій, зокрема, тифозних і холерних вібріонів, кишкових паличок. Чистий етиловий спирт (C_2H_5OH) застосовують головним чином як зовнішній антисептичний засіб, а також у настоях і екстрактах для внутрішнього вживання, як бактерицидний засіб.

Віруси (від латинського слова *virus* - отрута) - це субмікроскопічні внутріклітинні паразити, які розмножуються лише в живих клітинах і є збудниками інфекційних захворювань. Віруси є набагато дрібнішими, ніж усі відомі бактерії, їх розміри становлять від 20-30 нм до 300-400 нм. Вивчають їх в основному за допомогою електронних мікроскопів.

Віруси пристосовані до перенесення несприятливих умов за межами організму і не проявляють на цій стадії ніяких ознак життя. Потрапивши в організм, у чутливі до них клітини, віруси переходять у стадію розвитку і розмноження. Стійкість вірусів до зовнішнього впливу є різною. Деякі з них переносять температуру до $+90^{\circ}C$, а також існують за низьких температур ($-70^{\circ}C$). Поширюються, як безпосередньо вражаючи чутливий людський організм, так і переносяться за допомогою інших організмів.

Вірусні захворювання вражають людину, тварин, птахів, рибу, комах, рослин, найпростіших і навіть бактерії. До вірусних захворювань людини належать: натуральна і вітряна віспа, кір, грип, поліомієліт, гепатит вірусний, ендемічні енцефаліти (кліщовий, комариний) та ін. Лікування проходить важко і триває довго. Антибіотики на вірус не діють, їх застосування доцільне лише для попередження бактеріальних ускладнень.

Бактеріофагами (фагами) називають бактеріальні віруси, які викликають руйнування бактерій. Зустрічаються вони у кишечнику людини і тварин, у рослинах, ґрунті, водоймах, стічних водах. Деякі

фаги застосовувалися для лікування ряду бактеріальних захворювань людини і тварин. Але антибіотики виявилися більш ефективними.

5.2. Санітарно-показові організми води та контроль за їх вмістом

Відповідну якість питної води в бактеріологічному відношенні може бути підтверджено лише аналітичним шляхом. У той самий час перелік інфекцій, які передаються через воду, є настільки широким, що для дослідження однієї тільки проби води доводиться працювати великому колективу бактеріологів. Причому результат може бути отримано лише через значний проміжок часу. У зв'язку з цим виникла необхідність в основному санітарно-показовому мікроорганізмі води. Такий мікроорганізм, з одного боку, має бути постійним мешканцем кишечнику людини, а з іншого - за тривалістю збереження у водному середовищі дещо перевищувати строки перебування в ньому відповідних патогенних бактерій. Було запропоновано декілька санітарно-показових організмів води; найбільш оптимальним було прийнято кишкову паличку. *Кишкова паличка* (*Escherichia coli*) є постійним мешканцем кишечнику людини (товстих кишок). Усі свійські тварини теж містять в своїх виділеннях кишкову паличку. Також містять кишкову паличку і ті представники фауни, які живуть поблизу людського мешкання - голуби, ворони, миші, шурі. У кишковому тракті диких тварин, які не мають контакту з людиною (наприклад, куріпки, зайці, білі полярні вовки, білі ведмеді, моржі), кишкова паличка зустрічається надзвичайно рідко.

Таким чином, забруднення природних водойм бактеріями кишкової групи знаходиться в тісному зв'язку з надходженням в них фекалій людини, домашніх тварин, господарсько-побутових стічних вод, а відповідно і з наявністю патогенних бактерій.

Колі-титр - це найменший об'єм води, який припадає на одну кишкову паличку; величина ця виражається у мілілітрах, причому слово "мл" не пишеться. *Колі-індекс* - це абсолютна кількість кишкових паличок в 1 л води.

Залежність між ними: $\text{колі-індекс} = 1000 / \text{колі-титр}$. Дослідження показали, що вода очищена до колі-титру 300 (чи колі-індексу 3), є нешкідливою і не викликає ніяких епідемічних захворювань. Це дозволило прийняти цю концентрацію кишкових паличок як стандартну величину для питної води.

Лабораторно-виробничий контроль якості води за мікробіологічними показниками (колі-титр, колі-індекс) перед надходженням її мережу на водопроводах з підземним джерелом водопостачання згідно із стандартом 2874-82 "Вода питна. Гігієнічні вимоги та контроль за якістю" повинен виконуватися таким чином. За відсутності знезараження води: не менше одного разу на місяць за чисельності населення, яке користується водою, до 20 тис. чоловік; не менше двох разів на місяць - до 50 тис. чоловік. За знезараження води: один раз на тиждень, якщо чисельність населення становить до 20 тис. чоловік; три рази на тиждень - до 50 тис. чоловік; щоденно - понад 50 тис. чоловік.

На водопроводах з поверхневим джерелом водопостачання, мікробіологічний аналіз повинен виконуватися не рідше одного разу на тиждень і щоденно у весняно-осінній період за чисельності населення до 10 тис. чоловік; не рідше одного разу на добу - понад 10 тис. чоловік.

Крім основного показника - кишкової палички, в санітарії є ще додаткові організми. Потребу в цьому викликано тим, що нерідко необхідно виявити санітарну ситуацію навколо даного джерела, дати прогнози поліпшення чи погіршення якості води в ньому.

У цьому випадку використовуються *додаткові санітарно-показові організми*. До них відносяться: протей, термофільні мікроби, бактеріофаг, гідробіологічні одноклітинні та багатоклітинні організми. Для практики водопостачання та каналізації всі ці організми становлять інтерес не тільки як санітарні індикатори - вони сприяють за певних умов поліпшенню чи погіршенню якості води.

Протей (*proteus vulgaris*) - типовий мікроб гниття, який розвивається при розкладанні білків та вуглеводів. Цей мікроорганізм є добрим індикатором забруднення води легко загниваючими органічними речовинами і може стати у нагоді санітарному працівнику при ідентифікації такого роду забруднення. Так, дослідження показали, що в чистих озерах, а також у плавальних басейнах (де кишкову паличку виявлено) протей повністю відсутній; у мало забруднених водоймах його встановлено в концентрації до 1 в 1 мл; у середньо забруднених водоймах - від 1 до 10 в 1 мл; у сильно забруднених водоймах - від кількох сот до кількох тисяч. У водах, які містять величезну кількість легко загниваючих органічних речовин, як

наприклад, стічні води м'ясокомбінатів, концентрація протея досягає кількох мільйонів в 1 мл. Цікаво зазначити, що спостерігається певний паралелізм між концентраціями протея в забруднених водах та гідрохімічними показниками, які свідчать про забруднення води органічними речовинами, що легко розкладаються: дефіцит кисню, окиснюваність, втрати при прокалюванні.

Термофільні мікроорганізми. Термофільні, чи теплолюбні мікроорганізми є дуже цікавою групою, оскільки мають властивість існувати за підвищених температур (до 80°C). Є.М. Мішустіним було встановлено, що всі цілинні ґрунти не містили термофільних мікробів. Але ґрунти, у які вносяться перегній та компости, багаті на термофіли. Звідси випливає, що джерелом їх надходження є екскременти травоядних тварин. Надійшовши з перегноем у ґрунт, термофільні мікроби не розмножуються, але зберігаються тривалий час. Коли ж вони потрапляють в термічну масу, то починається їх інтенсивне розмноження. Ця властивість широко використовується в санітарній техніці при анаеробному розкладанні твердої фази стічних вод.

Бактеріофаги. У процесі одужання людей після інфекційних захворювань в їх виділеннях у ряді випадків з'являються бактеріофаги, які напівруйнують патогенні мікроби, що викликають захворювання. Із стічними водами бактеріофаги потрапляють у водойми і, коли там є патогенні мікроби, бактеріофаги живляться ними і розмножуються. Таким чином, зростання титру бактеріофага у природних водах може свідчити про надходження до них патогенних бактерій.

Гідробіологічні організми. Організми, які населяють водне середовище, називаються *гідробіонтами*. Їх якісний та кількісний склад залежить від ступеня забрудненості водойми органічними речовинами. У свою чергу вони самі впливають на якість води.

Місцеперебування певної групи організмів у воді називається *біотопом*. Спільність організмів, які населяють певний біотоп, називають *біоценозом*. Взаємовідносини між біоценозом і біотопом також, як і всередині самого біоценозу, є дуже складними. Організми, що входять до його складу, зв'язані між собою не тільки здатністю жити у даних фізико-хімічних умовах, але й наявністю відповідної

біологічної обстановки: можливістю знайти відповідне живлення, укриття від ворогів тощо.

Біогенози поділяються на класи:

I - бентос - це мешканці дна водойми чи водотоку, а також прикріплені до підводних предметів організми;

II - планктон - мешканці товщі води - від дна водойми до його поверхні;

III - нейстон - організми, які мешкають у поверхневій плівці води;

IV - пагон - до цієї групи належить 150 видів різних гідробіонтів (найпростіші, коловратки, черви, моллюски, ракоподібні), які зимові місяці проводять у льоду, знаходячись в стані анабіозу, а весною оживають і продовжують характерний для них планктонний чи бентосний спосіб життя.

У подальшому буде розглянуто ті з груп гідробіонтів, які суттєво впливають на склад води і мають певне санітарно-показове значення (гідрофлора, гідрофауна, бактерії). До гідрофлори належать водорості (мікрофіти) та вища водна рослинність (макрофіти).

Водорості - це організми, до складу яких входить хлорофіл; на світлі вони здійснюють процес фотосинтезу. Поділяються на: 1) зелені (*Chlorophyceae*); 2) синьозелені (*Cyanophyceae*); 3) діатомові (*Diatome*). Зелені водорості мають яскраво-зелене забарвлення, у водоймах розвиваються на початку літа. Синьозелені, крім хлорофілу, містять ще і синій пігмент - фікоціан. Фікоціан є розчинним у воді, тому після загибелі клітини він переходить у воду і забарвлює її в зелений колір, інколи з відтінком червонуватого, а також інших кольорів. Розвиваються у другій половині літа.

З позиції фізіології синьозелені водорості є єдиним на землі організмом, який споживає три розчинені у воді гази: азот (включаючи аміак), вуглекислоту та кисень; у процесі фотосинтезу вони виділяють кисень ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}(\text{H}_2\text{O}) + \text{O}_2$). Споживання аміаку є дуже важливим у санітарному відношенні, оскільки у водоймах нерідко в результаті анаеробних процесів у воду виділяється чимало аміаку.

Діатомові водорості містять, крім хлорофілу, ще бурий пігмент - діатоміт, розчинний у воді. У водоймах вони розвиваються ранньою весною і пізньою осінню у холодній воді.

Вища водна рослинність у природних водах представлена великою кількістю видів. На відміну від вищих наземних рослин, усі підводні

рослини не мають отворів, через які здійснюється процес дихання. Дихання в них відбувається через оболонку листя, через яку проникають гази. Гідрофауна водойм представлена найрізноманітнішими організмами - від примітивних корененижок, які не мають оболонки, до високоорганізованих хребетних - риб. Основну роль в процесах очистки води відіграють організми, які відносяться до зоопланктону та зообентосу. Процеси живлення у воді відрізняються від атмосферних тим, що основним джерелом синтезу органічної речовини є одноклітинні рослинні організми - водорості.

Гідрофауна поділяється на дві великі групи: одноклітинні (Protozoa) і багатоклітинні (Metozoa) організми.

Біологічне значення речовин, які виділяють у воду водорості, ще повністю не встановлено. Безумовно, що воно пов'язано з процесами фотосинтезу, нормального обміну речовин, але очевидним є і те, що водорості в процесі еволюції виробили властивість виділяти в навколишнє водне середовище сполуки, які мають значні бактерицидні властивості.

Продуктування речовин антибіотичного характеру виявлено у всіх водоростей: зелених, синьозелених і діатомових. Але синьозелені водорості різко відрізняються від інших типів водоростей своєю властивістю виділяти в навколишнє середовище токсичні речовини. Так, відзначено багато випадків отруєння худоби при споживанні води з водойм, де спостерігалось масове цвітіння синьозелених водоростей; відомі випадки сильних заморів риби і масового отруєння водоплавної птиці. Серед людей смертельних випадків не спостерігалось, але описано випадки захворювання кишечнику, коли до міського водопроводу надходила вода з водосховища, де спостерігався масовий розвиток синьозелених водоростей. Синьозелені водорості відрізняються від інших ще й тим, що синтезують і виділяють сполуки, токсичні для інших гідробіонтів, наприклад, для деяких видів риб і зелених водоростей.

Санітарно-показове значення гідробіонтів. Оскільки між водою як середовищем проживання і гідробіонтами, що його населяють, існує певна залежність, то виникла думка про зіставлення певних видів водоростей та найпростіших із складу води.

Уперше таке зіставлення було зроблено А. Мецом. Але далі розвинули ці роботи Р.Кольквітц і М.Марсон. У результаті було розроблено шкалу сапробності, за якою води поділено на зони:

I - полісапробна зона (зона дуже сильного забруднення);

II - альфа- та - бета-мезосапробні зони (зони середньої забрудненості);

III - олігосапробна зона (зона чистої води).

Схематичну характеристику цих зон наведено в табл.5.1.

При оцінці води за шкалою Кольквітца - Марсона необхідно враховувати не окремі організми, а суму видів, які є характерними для даної зони.

Але при оцінці біоценозів, до яких входять як планктон, так і бентос, завжди слід більшого значення надавати бентосу. Дійсно, якщо порівняно чиста річка має на своєму протязі коротку, але сильно забруднену ділянку, то планктонні організми з верхньої чистої ділянки можуть переміщуватись через забруднену ділянку, не відмираючи.

Бентосні організми, прикріплені до якихось предметів на дні, будуть відтворювати дійсний ступінь забрудненості, характерний для даної ділянки річки. При цьому чим більша швидкість течії річки, тим меншого значення слід надавати планктону. Коли ж проводиться санітарне обслідування озера чи водосховища з дуже повільною течією, то тут санітарне значення планктону є практично ідентичним санітарному значенню бентосу.

Поряд з хімічним і бактеріологічним аналізом води, гідробіологічні дослідження мають самостійне значення, яке можна сформулювати деякими положеннями:

1. Бентосні організми акумулюють забруднюючі речовини (включаючи й епізодичні), які переміщуються повз них на певній ділянці річки або озера, реєструючи немов би середній ступінь забрудненості досліджуваної ділянки. Хімічний і бактеріологічний аналіз одиничної проби води може й не виявити забруднення, яке відбулося раніше.

2. При дослідженні водойми за розрізом гідробіологічний метод вивчення надає можливість обмежитися одноразовим дослідженням, у той час як хіміку чи бактеріологу довелося б виконувати чимало повторних визначень.

Результат гідробіологічного аналізу можна отримати одразу в польових умовах за допомогою мікроскопа. Хімічні та бактеріоло

Таблиця 5.1. Схематична характеристика зон сапробності

Головні групи організмів	Полісапробна	Альфа-мезосапробна	Бета-мезосапробна	Олігосапробна
	Бактерії, безколірні джгутикові, сірчані бактерії, інфузорії	Гриби, бактерії, синьо-зелені водорості, зелені джгутикові, інфузорії, черви, личинки мух	Синьо-зелені водорості, діатомові водорості, зелені джгутикові, інфузорії, губки, коловаратки, молюски, ракоподібні, риби	Зелені в одорості, діатомові водорості, перидиней, хризомонади, коловаратки, мишанки, губки, молюски, ракоподібні, риби
Водні квіткові рослини Концентрація бактерій в 1 мл Зовнішній вигляд обростань	Немає	Немає чи дуже мало	Мало	Дуже багато
	Сотні тисяч-мільйони	Сотні тисяч	Десятки тисяч	Десятки-сотні
	Переважають пластівцево-слизистий	Переважають пластівцево-слизистий	Землисто-повстаний, зелений, бурочервоний	Зелений, бурочервоний
Споживачі бактерій Споживачі рослин Споживачі тварин Переважа окремих видів Різноманітність видів Зміна живих груп організмів	Дуже багато	Багато	Мало	Дуже мало
	Немає	Дуже мало	Мало	Багато
	Майже немає	Є	Багато	Дуже багато
Домінуюча	Домінуюча	Сильна	Слабка	Слабка
	Дуже мала	Невелика	Значна	Надзвичайно велика
Катастрофічного характеру	Катастрофічного характеру	Катастрофічного характеру	Поступова	Надзвичайно повільна

Головні групи організмів	Полісапробна	Аль-фа-мезосапробна	Бета-мезосапробна	Олігосапробна
	Бактерії, безкопінні джгутикові, сірчані бактерії, інфузорії	Гриби, бактерії, сільозелені водорості, зелені джгутикові, інфузорії, черви, личинки мух	Сільозелені водорості, діатомові водорості, зелені джгутикові, інфузорії, губки, коловратки, молюски, ракоподібні, риби	Зелені водорості, діатомові водорості, перидинії, хризомонади, коловратки, мишанки, губки, молюски, ракоподібні, риби
Інтенсивність розвитку окремих форм	Висока	Дуже висока	Значна	Дуже велика
Потреба організмів в кисні	Надзвичайно слабка	Слабка	Значна	Дуже велика
Характер біохімічних процесів	Відновні	Відновно-окисні	Окисні	Окисні
Киснєві умови	Анаеробні	Напіванаеробні	Аеробні	Аеробні
Вугільна кислота	Дуже багато	Багато	Мало	Дуже мало
Сірководень	Багато	Багато	Дуже мало	Немає
Проба на загнивання	Загниває	Загниває	Не загниває	Не загниває
Джерела реакції	Дифузія	Дифузія	Дифузія й фотосинтез	Дифузія й фотосинтез
Біохімічна потреба в кисні	Дуже висока	Висока	Незначна	Незначна

гічні аналізи вимагають для свого завершення набагато більше часу (кілька днів).

5.3. Мікробіологічні процеси на водопровідних станціях

Характер змін якості води в результаті біологічних процесів, які відбуваються у водопровідних спорудах, є різноманітним: водопровідні споруди обростають водоростями і тваринними організмами, з'являються відклади оксиду заліза тощо. Це призводить до погіршення органолептичних показників якості води, забивання фільтрів, а також інших небажаних явищ.

Ріст, розвиток і розмноження у водопровідних спорудах тих чи інших мікро- та макроскопічних організмів, а також біоценозів залежить від багатьох факторів. До них відносяться температурні умови, сезонні зміни, за яких звичайно відбувається зміна спільнот видів, вплив світла, швидкість руху води, умови живлення організмів, кількість і якість органічних речовин, які містяться у воді, насиченість киснем тощо.

На водопровідних спорудах першими звичайно розвиваються бактерії, які осідають з часточками мулу. Потім з'являються зооглейні організми, найпростіші, сувойки, колоніальні інфузорії, джгутикові, пізніше черв'яки, мшанки, ракоподібні, молоски тощо.

Поява первинних бактеріальних плівок часто зумовлюється розвитком залізобактерій та марганцевих бактерій. Залізобактерії відносяться до водних організмів, які широко розповсюджені в природі. Вони зустрічаються на всіх широтах і мають велику кількість видів. Важливою умовою життєдіяльності залізобактерій є наявність у навколишньому середовищі заліза і кисню.

Залізобактерії каталітично прискорюють окиснення Fe^{2+} до Fe^{3+} в розчинах бікарбонату заліза, викликаючи випадання в осад його гідроксиду.

Колоїдний гідроксид заліза відкладається на поверхні клітин залізобактерій. Поступово відбувається старіння колоїдів, вони втрачають воду, кристалізуються і, деформуючись, ущільнюються. Потім перетворюються на суцільну масу, в якій уже не виявляються окремі клітини залізобактерій. Найбільш сприятливі умови для залізобактерій створюються за рН 5,9 - 7,6.

Залізобактерії утворюють на металевих поверхнях відклади гідроксиду заліза жовтуватого кольору, в результаті чого через 1-2

роки поверхня вкривається горбочками різної висоти. Простір між ними заповнює щільна плівка відкладів. На думку багатьох мікробіологів, первинні бактеріальні плівки на будь-яких спорудах сприяють наступному обростанню більш стійкими організмами (дрейсени, мідії, мшанки).

Значні труднощі в роботі водоочисних споруд викликають моллюски. Моллюски, які потрапляють до водопровідної системи з річок, мають різний видовий склад. Найбільш небезпечною з них є дрейсена. Вони живуть у черепашці розміром до 5 мм, яка стійко закріплюється на різних поверхнях і відпадає лише після відмирання моллюска.

І проникнення тваринних організмів і рослин у водопровідні споруди впливає на органолептичні показники якості води. Залізобактерії надають воді жовтого кольору і в'язучого присмаку, водорості сіруватого кольору. У воді з'являється слизистий чи крихкуватий осад, а також каламутність. Загибель і розкладання у водопровідних спорудах черв'яків, мшанок, дрейсен може надавати воді неприємного смаку, запаху сірководню, аміаку, метану тощо. Біологічні обростання, крім погіршення якості води, призводять до механічних порушень роботи водопроводу.

Засоби боротьби з цими процесами поділяються на активні та профілактичні. Усі заходи з охорони водних джерел від забруднення одночасно і є профілактикою проти обростань і забруднення водопровідних споруд різними організмами та водоростями.

Боротьба з обмілінням річок, насадження лісів на берегах, створення зон санітарної охорони джерел водопостачання - все це профілактичні заходи.

Добре санітарне утримання водопровідних споруд, систематичні профілактичні ремонти створюють несприятливі умови для обростання.

До активних методів боротьби відноситься механічна очистка наступною промивкою і дезинфекцією споруд.

Найбільш загальноприйнятими способами боротьби з обростанням залізобактеріями, водоростями та іншими організмами є періодичне хлорування споруд. При цьому застосовуються великі дози хлору з таким розрахунком, щоб залишкова кількість хлору становила 33,5 мг/л. Хлорування рекомендується поєднувати з амонізацією. Використовується також срібна вода.

Як засіб боротьби з синьозеленими водоростями застосовується обробка ультрафіолетовим промінням. Усі ці методи забезпечують загибель мікроорганізмів і наступне вилучення їх з води, яка готується для подачі в міську водопровідну мережу.

5.4. Біологічні організми в стічних водах

Для міських стічних вод є характерним високе бактеріальне забруднення. Людина виділяє за добу близько $4,48 \cdot 10^{12}$ мікробів, відповідно і концентрація бактерій у неочищених міських стічних водах досягає десятків мільйонів в 1 мл. Біологічне населення міських стічних вод представлено також вірусами, бактеріофагами, яйцями гельмінтів та ін.

Бактеріальне населення міських стічних вод складається з апатогенних і патогенних (хвороботворних) бактерій. Апатогенні бактерії становлять основну масу бактеріального населення; головним чином це мікроби, які розкладаються в умовах анаеробіозу. У значній кількості розвиваються в колекторі уробактерії, які гідролізують основний компонент сечі – сечовину. Тому в колекторі середньої довжини вся сечовина гідролізується з утворенням карбонату амонію.

Також у міських стічних водах активно діють анаеробні мікроби, у результаті чого виділяються різні гази: сірководень, вуглекислота, водень, метан.

Життєдіяльність мікробів гниття викликає утворення небезпечного для життя людини складу повітря колектора. Повітря над стічною рідиною в колекторах містить 8 - 12 % кисню, 1 - 2 % вуглекислоти, до 0,07 мг/100 л аміаку, сліди сірководню, 11 - 12 % горючих газів.

Патогенні бактерії, особливо збудники кишкових інфекцій, надходять до міських стічних вод від: 1) хворих; 2) тих, хто переносить хворобу в латентній (прихованій) формі; 3) бацілоносіїв. Тому в малих населених пунктах може й не бути патогенних мікробів у міжепідеміологічний період. У великих же містах завжди є бацілоносії, тому навіть за відсутності епідемії бувають окремі захворювання гострими інфекційними хворобами.

До стічної рідини надходять *віруси*, які є причиною захворювання людини. Але виживають лише ті з них, які пристосовані до умов життя в цьому середовищі.

Як і віруси до міського колектора надходять усі *бактеріофаги*, які виділяються людським організмом. Але після потрапляння до каналізаційної рідини далеко не всі вони зберігаються через величезну чисельність і різноманітність за складом бактеріального населення, яке в ряді випадків пригнічує інших представників мікросвіту.

Гельмінти (з грецької - черв'яки). З побутовими стічними водами міського колектора надходять гельмінти, головним чином у вигляді яєць. Кількість їх у побутових стічних водах досягає кількох сотень в 1л, це в основному аскариди. Яйця гельмінтів є найбільш стійкими представниками живого світу міських стічних вод, вони добре переносять відносно високі та низькі температури, хлорування. Ті дози, які знищують бактеріальні клітини, на яйця гельмінтів не діють і лише за температури 55 - 60° С викликають їх загибель. Тому на очисних спорудах зменшення концентрації яєць гельмінтів досягається лише при їх осадженні разом з твердою фазою і наступній термічній обробці осаду.

Гриби. У міських стічних водах зустрічаються різні представники грибів. Звичайно присутність їх на поверхні каналізаційних споруд виявляється за наявності своєрідної слизької плівки.

6. ФІЗИЧНІ ТА ХІМІЧНІ МЕТОДИ ОЧИСТКИ ПРИРОДНИХ ВОД ДЛЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ

6.1. Класифікація домішок за фазоводисперсним станом

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

Даний принцип дозволяє об'єднати в кілька груп різноманітні за хімічними і фізичними характеристиками домішки природних і стічних вод та науково обґрунтувати технологічні прийоми водопідготовки. Вихідні його положення формуються таким чином:

1. Фазоводисперсний стан домішок води зумовлює їх поведінку в процесі водопідготовки.

2. Кожному фазоводисперсному стану домішок відповідає певна сукупність методів впливу, яка дозволяє досягти необхідних якісних показників води (кондицій) шляхом зміни його стану чи без його зміни.

На цій основі всі численні забруднюючі речовини (домішки) природних і стічних вод об'єднано в чотири групи із загальним для кожної групи набором методів водоочистки, який зумовлюється формою знаходження домішок у воді (табл. 6.1.).

В основі технології очистки вод від домішок кожної групи лежать процеси, які відбуваються під впливом сил, що найбільш ефективно впливають на дану дисперсну систему. Так, для вилучення завислих речовин, які є кінетично не стійкими системами, використовуються гравітаційні та адгезійні сили. Для вилучення колоїдних і високомолекулярних речовин, які є агрегативно не стійкими у водних розчинах, використовуються адгезійні та адсорбційні сили. Для вилучення домішок, які знаходяться у вигляді розчинів, використовуються процеси, що призводять до асоціації молекул у результаті впливу сил міжмолекулярної взаємодії з переходом цих домішок в іншу форму. І, врешті-решт, для вилучення з води електролітів використовуються сили хімічних зв'язків.

Таблиця 6.1. Класифікація домішок води за їх фазоводисперсним станом і методи водоочистки, які використовуються для їх вилучення: А - гомогенна (однорідна), Б - гетерогенна (неоднорідна) системи (за Л.А. Кульським)

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

Технологія кондиціонування води передбачає процеси, пов'язані з коригуванням її фізичних і хімічних властивостей, а також процеси знезараження (звільнення від патогенних бактерій і мікроорганізмів). Але, незважаючи на принципові відмінності у вирішуваних за допомогою цих методів обробки завданнях, вони можуть бути загальними залежно від фазоводисперсного стану мінеральних, органічних і біологічних домішок води.

До першої групи домішок води належать завислі у воді речовини. Сюди слід віднести також бактеріальні завислі речовини та інші біологічні утворення. Вилучення цих домішок, тобто освітлення води, може бути досягнуто шляхом використання безреагентних методів.

Друга група домішок води - різні типи гідрофільних і гідрофобних систем, високомолекулярні речовини й детергенти - може вилучатися з води за допомогою різних методів і технологічних прийомів. Так, використовується обробка води хлором, озоном та іншими окисниками. При цьому знижується колірність води, знищуються мікроорганізми, руйнуються гідрофільні колоїди, що створює сприятливі умови для наступного коагулювання, прискорюється процес утворення пластівців та осаду.

Для третьої групи домішок, які є молекулярними розчинами, найбільш ефективними є такі процеси їх вилучення з води, як аерування, окиснення, адсорбція.

Для четвертої групи домішок, які є електролітами, технологія очистки води зводиться до зв'язування іонів у мало розчинні і мало дисоційовані сполуки за допомогою доданих у воду реагентів.

Усі домішки, які забруднюють водойми, охоплюються повністю цими чотирма групами даної класифікації. При проектуванні водоочисних станцій використання цього принципу допомагає визначити головні елементи очисних споруд, їх компонування, а також підбирати реагенти та процеси, які мають в них протікати.

6.2. Основні технологічні процеси очистки води

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

Розрізняють поняття: більш широке - водоочистка і вужче - водопідготовка. *Водоочистка* - 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 проводиться 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 - відносяться 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 освітлення та усунення колірності. Для освітлення і усунення колірності використовують безреагентні та реагентні методи.

Освітлення і часткове усунення колірності води без використання реагентів відбувається при тривалому її відстоюванні, яке може здійснюватися у відкритих, спеціально споруджених басейнах-відстійниках чи водосховищах. Термін освітлення води (і то неповного) має становити не менше 12 діб, для часткового усунення колірності - 12 і більше місяців. Зрозуміло, що такий метод використовується рідко. До безреагентних методів відноситься повільне фільтрування. Характерна особливість - дуже малі швидкості фільтрування (0,1-0,2 м/год) і використання фільтруючого матеріалу (звичайно 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 каламутності та колірності. Ці пластівці осідають і забезпечують освітлення і усунення колірності. Частіше за все використовують сульфат алюмінію $Al(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, хлорид заліза $FeCl_3 \cdot 6H_2O$, сульфат заліза (II) $FeSO_4 \cdot 7H_2O$.

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

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

Усунення запахів і присмаків досягається різними методами залежно від їх походження. Появі запахів і присмаків натурального походження можна запобігти обробкою водою мідним купоросом. Усунення аналогічних запахів у водопровідній воді виконують сильними окисниками (озон, діоксид хлору) чи адсорбентами (наприклад, активованим вугіллям). Запахи і присмаки, зумовлені розчиненими газами чи солями, усуваються відповідними методами дегазації та знесолення.

Усунення агресивних газів - вуглекислого газу, O_2 і H_2 - досягається аеруванням (фонтануванням, дощуванням), а також обробкою води відповідними хімічними реагентами. Для усунення CO_2 воду обробляють хлором, для зв'язування надлишку CO_2 - розчином вапна, крейди чи фільтрують через мармурові крихти. За надлишку O_2 його усувають фільтруванням через залізну стружку, обробкою сульфатом натрію.

Для усунення заліза і марганцю існує ряд способів. За наявності заліза у воді у вигляді бікарбонату усунення заліза відбувається за допомогою аерування, подальшого відстоювання чи фільтрування. Колоїдні органічні сполуки заліза усуваються хлоруванням з подальшою обробкою коагулянтами. Залізо в іонній формі вилучається за допомогою фільтрування через H^- , Na^- чи Ca^- катіоніти.

Пом'якшення води, тобто зниження концентрацій катіонів Ca^{2+} і Mg^{2+} , які зумовлюють твердість води, здійснюється різними методами.

Термічні методи - це переведення бікарбонатів кальцію та магнію при кип'ятінні у малорозчинні карбонати, що випадають в осад. Цей метод використовується для паросилових установок.

У випадку реагентних методів пом'якшення води розчинні солі кальцію та магнію за допомогою хімічних реагентів переводяться в нерозчинні сполуки, які утворюють завислі речовини, що потім усуваються відстоюванням чи фільтруванням. Найбільш поширеним є вапняково-содовий спосіб.

Метод іонного обміну полягає у фільтруванні через Na^- чи H^- катіоніт, у результаті чого іони Ca^{2+} і Mg^{2+} з води обмінюються на іони

Na⁺ чи H⁺. Як катіоніти використовуються натуральні (глауконітові піски) чи штучні матеріали (сульфовугілля, штучні смоли).

В останній час поширюється новий спосіб пом'якшення води за допомогою пропускання через неї магнітних чи електромагнітних хвиль.

Знесолення води - це усунення усіх розчинених у ній солей. *Опріснення води* - зменшення вмісту розчинених солей до потрібних рівнів. Воно може здійснюватися за допомогою термічної обробки, електрохімічним шляхом чи методом іонного обміну. *Дезактивація води* - усунення радіоактивних речовин - може досягатись комбінацією існуючих методів залежно від того, в якому стані (істинно розчинному, колоїдному чи завислому) знаходяться у воді радіоактивні речовини.

Знезараження води є обов'язковим за санітарної ненадійності джерела, що використовується для господарських цілей. Як правило, перед знезараженням проводять освітлення й усунення колірності води, в результаті чого вода звільняється від завислих часток, 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 викликають 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 підлягає впливу ультрафіолетових променів, які мають бактерицидні властивості (короткі хвилі в межах 2000 - 2950 Å), чи високої температури (кип'ятіння). У даний час вивчаються можливості використання для знезараження води ультразвукових хвиль, струму високої частоти, γ - випромінювання та інших фізичних агентів.

6.3. Освітлення, усунення колірності, присмаків і запахів

Звільнення води від каламутності (освітлення) і забарвлених речовин (усунення колірності), фізико-хімічні властивості яких не дозволяють чи роблять нераціональним усунення їх методом простого відстоювання, здійснюється за допомогою коагулювання.

Неорганічна каламутність у воді частіше за все має глинисте походження, а також, крім того, залізне та вапнякове.

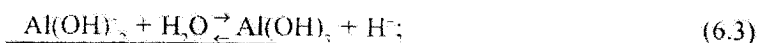
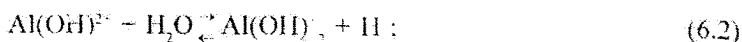
Причиною появи органічної каламутності та колірності природних вод є гумінові речовини. Властивості гумусу утворювати органічно-мінеральні комплекси переважно адсорбційного характеру визначають стійкість каламутності багатьох природних вод. Чисто органічна каламутність має невисоку стійкість. Якщо ж неорганічні частки адсорбують гуміни, утворюється забарвлена каламутність, що значно ускладнює очистку води.

Коагулянти являють собою солі слабких основ і сильних кислот - сульфат алюмінію, сульфат окисного і закисного заліза, хлорне залізо та ін. При розчиненні у воді вони гідролізуються, тобто взаємодіють з гідроксильними іонами, які завжди присутні у воді в результаті електролітичної дисоціації останньої.

Розчинність гідроксидів алюмінію і заліза є надзвичайно малою. Вони виділяються з розчину, утворюючи колоїдні частки, які під впливом електролітів коагулюють, тобто укрупнюються в результаті взаємного злипання. Утворюються більш чи менш великі пластівці, які випадають в осад разом з колоїдами і тонкодисперсними завислими речовинами, які забруднюють воду.

Таким чином, процес, який відомий під назвою "коагулювання води", складається з трьох стадій: гідролізу коагулянтів і утворення розведених золів гідроксидів; взаємодії золів гідроксидів з колоїдами і завислими речовинами води і наступної коагуляції золей; процесу утворення пластівців і вилучення з води утворених агрегатів.

Гідроліз солей коагулянтів значною мірою визначає межі використання їх за різних умов водоочистки. Повнота протікання гідролізу впливає на весь наступний хід процесу коагулювання, тим більше, що згідно санітарно-гігієнічних вимог вміст навіть невеликих кількостей солей коагулянтів (особливо алюмінієвих) є неприпустимим в очищеній воді; наприклад, гідроліз сульфату алюмінію протікає у кілька етапів



Укрупнення колоїдних часток, що утворюються в результаті гідролізу коагулянтів, відбувається поступово протягом певного часу. Спочатку в результаті броунівського руху утворюються агрегати з масою, не достатньою для випадіння їх з розчину. Це так звана стадія прихованої коагуляції. Якщо укрупнення досягає межі, коли утворюються пластівці, які вже можна побачити неозброєним оком і які осідають під дією сили тяжіння, настає стадія седиментації (осадження). Появі видимих пластівців передують стадія утворення надміцелярних структур, тобто спостерігається виникнення пухкої сітки, яка включає велику кількість дисперсійного середовища (води). З часом сітка розривається на окремі пластівці, що осідають.

У сучасній технології освітлення і усунення колірності води все частіше використовуються речовини, які інтенсифікують і поліпшують процес коагулювання - *флокулянти*. Їх дія виявляється в тому, що за значних доз внесення у воду вони сприяють утворенню великих швидко осідаючих у відстійниках більш міцних і щільних пластівців і поліпшенню роботи фільтрів за рахунок зменшення кількості завислих речовин, які виносяться із споруд першого ступеня (відстійники, освітлювачі). До флокулянтів відносяться речовини мінерального (активна кремнієва кислота) і органічного (природні та синтетичні) походження. Серед них найбільш відомий поліакриламід.

Процес коагулювання, як вже зазначалося, характеризується кількома стадіями. Після змішування розчину коагулянту з водою спочатку не відбувається ніяких змін. Потім вода каламутніє від утворення величезної кількості дрібних пластівців до 5000 в 1 мл (початок утворення пластівців). Утворені пластівці агрегують у більш великі, кількість часток в одиниці об'єму зменшується, і після того, як досягає 5-10 в 1 мл (кінець утворення пластівців), починається процес їх осадження. Для інтенсивного освітлення та усунення колірності води намагаються отримати великі пластівці з добре розви-

нутою поверхнею, які легко осаджуються. Водночас прагнуть до скорочення часу формування пластівців.

Рухливість часток залежить від температури і перемішування. Практично встановлено, що швидкість утворення пластівців дуже уповільнюється за низької температури, при цьому їх розмір і структура залишаються не задовільними. Перемішування дозволяє значною мірою компенсувати несприятливий вплив низької температури. При цьому прискорюється зростання часток у результаті їх більшого взаємного контакту і сильнішає зв'язок між частками, тобто пластівці стають більш міцними. Встановлено, що в інтервалі температур 3-18°C при перемішуванні на утворення пластівців витрачається лише 2-7 % часу, необхідного для досягнення того самого ефекту без перемішування.

Вилучення пластівців, які коагулюють, досягається шляхом відстоювання й фільтрування.

Відстоювання води забезпечує вилучення з неї основної маси завислих часток. Найбільш простий процес відстоювання здійснюється в нерухомому середовищі. При відстоюванні завислих речовин можливе як вільне, так і взаємне осадження (коли одні частки захоплюють інші, сприяючи процесу осадження). Практично встановлено, що швидкість осадження часток у природних водах є пропорційною величині

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

де t - температура води, °C. Осадження пластівців відбувається в спеціальних спорудах - відстійниках.

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

які одночасно з освітленням забезпечують поліпшення деяких показників якості води.

Методи усунення присмаків і запахів залежать від характеру речовин, що викликали їх появу, і стану, в якому вони знаходяться (іонні та молекулярні розчини, колоїди та завислі речовини).

Як уже раніше говорилося, деякі методи обробки води сприяють усуненню з неї неприємних присмаків і запахів. Так, присмаки й запахи речовини, яка знаходиться у завислому чи колоїдному стані, усуваються з води коагулюванням, зумовлені підвищенням вмістом неорганічних речовин, що знаходяться в іонному чи молекулярному стані - методами коригування мінерального складу води (знесолення, дегазація тощо), біологічного походження, а також зумовлені наявністю органічних сполук з промислових стічних вод, - усуваються в основному за допомогою окисників, адсорбентів, а також аеруванням.

Одним з перших і впродовж десятиріч єдиним методом усунення з природних вод присмаків і запахів був процес аерування води, який ґрунтується на леткості речовин, які їх викликають. У ряді випадків при усуненні запахів і присмаків біологічного походження аерування забезпечує досить повну дезодорацію води. Але цим способом важко чи зовсім неможливо усунути стійкі присмаки, які викликані розкладанням водної рослинності, а також забрудненням промисловими стічними водами. Тому цей спосіб, як правило, використовується в комбінації з іншими. Аерування відбувається в спеціальних установках - аераторах (розбризкуючого, каскадного чи барботажного типу).

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

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

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

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

З активованого вугілля, яке виробляється в Україні, для дезодорації найбільш часто використовують торфове вугілля ТАВ, березове вугілля БАВ, кістяне вугілля КАВ, сухе вугілля СВ, лужний активований антрацит А. На водоочисних спорудах вугілля застосовують у вигляді вугільного порошку чи гранул, якими заповнюють фільтри. Вугільні фільтри розміщують звичайно після освітлювальних, щоб запобігти зниженню адсорбційної ємності вугілля за рахунок поглинання речовин, що надають воді колірності.

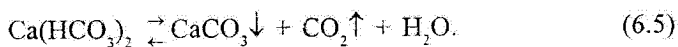
Результати роботи фільтрів свідчать, що вугілля повністю усуває присмаки і запахи води і значно зменшує колірність і окиснюваність. Експлуатація та обслуговування фільтрів просте і надійне. Недоліком вугільних фільтрів є велика витрата води на промивання, швидке зниження адсорбційних властивостей вугілля,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

6.4. Пом'якшення, знесолення та опріснення

Пом'якшенням води називається процес, що призводить до зниження твердості, тобто зменшення концентрації кальцієвих і магнієвих солей. Існує кілька методів зниження твердості:

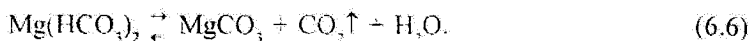
- 1) термічний метод, який ґрунтується на нагріванні води, дистиляції її чи виморожуванні;
- 2) реагентні методи, за яких іони Ca^{2+} і Mg^{2+} зв'язуються різними реагентами практично в нерозчинні сполуки;
- 3) метод іонного обміну, який ґрунтується на фільтруванні води через спеціальні матеріали, які замінюють іони Na^+ і H^+ зі свого складу на іони Ca^{2+} і Mg^{2+} з води;
- 4) комбіновані методи (різні сполучення описаних методів).

Термічне пом'якшення води методом нагрівання базується на зсуві вуглекислотної рівноваги в бік утворення карбонату кальцію

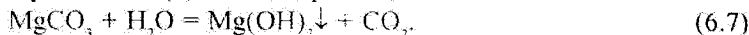


Зміщення рівноваги відбувається в результаті зниження розчинності вуглекислого газу за підвищення температури. Кип'ятінням можна

повністю усунути вуглекислий газ і відповідно набагато знизити карбонатно-кальцієву твердість. Але повністю позбавитися її не вдається, оскільки карбонат кальцію, хоча і не значно (13 мг/л при $t = 18^{\circ}\text{C}$), але все ж розчинний у воді. Коли є бікарбонат магнію, то спочатку утворюється порівняно добре розчинний (110 мг/л) карбонат магнію

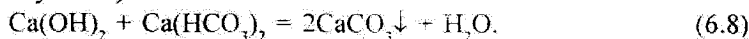


Ця сіль при наступному кип'ятінні гідролізується і випадає малорозчинний (8,4 мг/л) гідроксид магнію

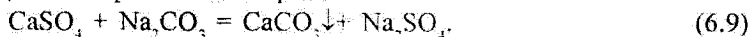


Реагентне пом'якшення води. Як реагенти використовуються вапно, кальцинована сода, їдкий натр, тринатрій фосфат, гідроксид барію тощо.

Вапно є одним із дешевих реагентів. Тому для пом'якшення води з високою карбонатною твердістю і відсутністю чи невеликою некарбонатною твердістю слід проводити пом'якшення води вапном (вапнування)



Для некарбонатної твердості



Іонний метод пом'якшення води. Іонообмінний метод широко використовується при обробці питних і технічних вод (пом'якшення, знесолення), а також при очистці промислових стічних вод. Він ґрунтується на використанні деяких твердих, практично не розчинних у воді мінералів іонітів, які мають властивість обмінювати іони зі свого складу на іони з розчину. При цьому речовини, які обмінюють катіони, називаються катіонітами, а аніони - аніонітами.

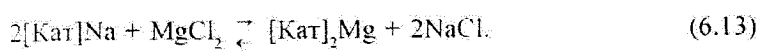
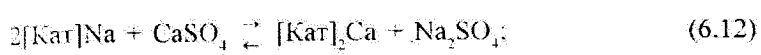
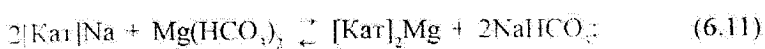
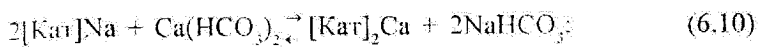
В основі іонообмінного процесу лежать хімічні реакції, які проходять на зовнішніх і внутрішніх поверхнях іонітів. Обмін іонів відбувається в еквівалентних кількостях. Рівновага встановлюється дуже швидко. Ступінь обміну протягом перших декількох секунд досягає 90-98 %. Катіонний метод пом'якшення води ґрунтується на використанні катіонітів природного і штучного походження, які мають здатність обмінювати іони Na^+ і H^+ на Ca^{2+} і Mg^{2+} у воді.

Катіоніти бувають слабо кислотні і сильно кислотні. У слабо кислотних катіонітів обмінна властивість за рН менше 7 дуже знижується, тому їх раціонально використовувати за рН середовища

не нижче 7. Обмінна властивість сильно кислотних катіонітів дозволяє використовувати їх у будь-якому середовищі.

В нашій країні найбільш поширеним є катіоніт сульфовугілля, який готується обробкою кам'яного вугілля сірчаною кислотою.

Коли використовується катіоніт у Na-формі (Na-катіонування) іонний обмін відбувається за такими реакціями



Схему роботи Na-катіонітового фільтра наведено на рис.6.1. Регенерація фільтра після зниження його обмінної властивості

Вода з
катіонами

Регенерація



Рис. 6.1. Схема роботи Na-катіонітового фільтра

виконується 5-10 % -ним розчином кухонної солі.

Недоліком Na-катіонування є збільшення лужності оброблюваної води. У цьому випадку використовують Н - Na-катіонування. Метод Н - Na-катіонування дозволяє отримати

пом'якшену воду з необхідним рН.

Знесолення і опріснення. Дефіцит прісної води відчувається на території більш ніж 40 країн, які розташовані головним чином в аридних, а також посушливих регіонах і становлять близько 60 % всієї поверхні земної суші. За підрахунками вчених, на початок ХХІ ст. він досягне 120-150 млрд м³ на рік. Цей дефіцит може бути покрито опрісненням солоних (понад 10 г/л) і солонуватих (2-10 г/л) океанічних, морських і підземних вод, запаси яких становлять 98 % всієї води на земній кулі.

Нестачу прісної води може бути ліквідовано і подачею її по трубопроводах чи каналах з районів, де є її надлишок. Але за значного віддалення від джерел прісної води опріснення солоної води на місці коштує дешевше, ніж транспортування водопроводами. Так, при

водокористуванні до 1000 м³/добу опріснення солоної води на місці є вигіднішим, ніж подача прісної води на відстань, більшу 40-50 км; при водокористуванні 100 000 м³/добу - вигіднішим, ніж подача прісної води на відстань 150 - 200 км.

Процес усунення солей з води залежно від ступеня їх вилучення називається *знесоленням* чи *опрісненням*. При знесоленні концентрація розчинених солей знижується до межі, близької до вмісту їх у дистильованій воді, а при опрісненні до концентрації, яка допустима при використанні води для господарсько-питних потреб (мінералізація до 1000 мг/л, сульфати менше 500 мг/л, хлориди менше 350 мг/л).

Опріснення може бути здійсненням як із зміною агрегатного стану води (дистиляція, виморожування), так і без його зміни (електродіаліз, зворотний осмос чи гіперфільтрація, іонний обмін, екстракція води у вигляді кристалізаційної води кристалогідратів та ін.).

Початок розробок з технології опріснення мінералізованих вод відноситься до кінця 40-х років XX ст. У 1951 - 1960 рр. потужність пристроїв дистиляційного опріснення в усьому світі становила 117000, електродіалізних - 400 м³/добу, пристрої виморожування і зворотного осмосу не використовувалися.

У 1974 р. у світі експлуатувалося понад 800 стаціонарних опріснювальних пристроїв, значних за сумарною продуктивністю - близько 1,3 млн м³/добу прісної води. Найбільшими на той час були станція опріснення води в м.Ель-Кувейт (Кувейт) продуктивністю 220 тис. м³/добу, яка працювала на супутньому газі нафтодобувних промислів, і станція опріснення води в м.Актау (колишнє м.Шевченко) у Казахстані (див. розділ 2.1.).

У 1984 р. сумарна продуктивність станцій опріснення в усіх країнах зросла до 7,5 млн м³/добу. З них у країнах Близького Сходу вироблялося 76%, у США 10, в Африці 8 і в Європі 6%.

У цей час на перше місце у світі за виробництвом опрісненої води виходить Саудівська Аравія, яка в 1983 р. виробляла 2 млн м³/добу, що становило 25 % світового виробництва прісної води. На 1985 р. ця цифра збільшується до 4 млн м³/добу.

У 1984 р. в усьому світі працювало вже понад 4 тис. опріснювальних пристроїв сумарною продуктивністю 9,9 млн м³/добу. З них 75% прісної води отримували на дистиляційних опріснювачах.

У 1986 р. кількість опріснювачів усіх типів зростає до 5700, а продуктивність - до 11,5 млн м³/добу. Щорічний приріст продуктивності опріснювальних пристроїв за останні роки становить 7,5 %. Очікується, що до 2000 р. потужність опріснення досягне 38 млн м³/добу.

Знесолення води дистиляцією ґрунтується на випаровуванні її з майбутньою конденсацією пари. Загальну схему цього процесу показано на рис.6.2.

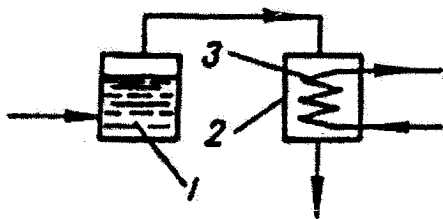


Рис. 6.2. Схема знесолення води дистиляцією: 1 - котел для кип'ятіння води; 2 - конденсатор; 3 - змішувик

Дистиляційні опріснювачі бувають: одноступеневими; багаступеневими з трубчастими нагрівальними елементами чи випаровувачами; багаступеневими з миттєвим закипанням; парокompресійні.

Викликає інтерес сонячне опріснення,

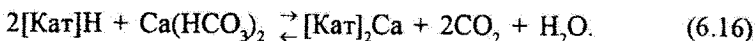
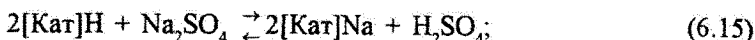
що дуже важливо для районів з жарким кліматом. Воно набагато дешевше, ніж інші методи.

Опріснення води *методом виморожування* ґрунтується на використанні явища розділення кристалів прісного льоду і розсолу при замерзанні солоної води. Температура замерзання розсолу нижча за температуру замерзання чистої води й залежить від концентрації солей. Тому в твердий стан спочатку переходить чиста вода, а між кристалами прісного льоду утворюються порожнини, заповнені розсолом.

При поступовому підвищенні температури першими в рідкий стан переходять включення розсолу. Розсіл дренує масу льоду і стікає раніше, ніж починають танути кристали прісного льоду. Коли температура навколишнього середовища підвищується до 0,5-4,0°C, залишається дірчаста маса прісного льоду, при таненні якого і отримують прісну воду.

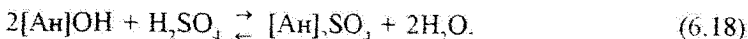
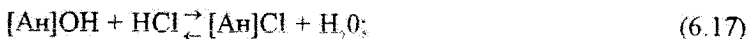
У даний час витрата енергії на отримання холоду більша, ніж витрата енергії для отримання тепла. Тому виморожування може мати практичне значення при використанні природного холоду.

Іонітний метод опріснення води полягає в послідовному пропусканні води через Н-катионітовий, а потім ОН-аніонітовий фільтри. У Н-катионітовому фільтрі катіони, які містяться в солоній фільтрованій воді (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+}), обмінюються на іон водню катіоніту



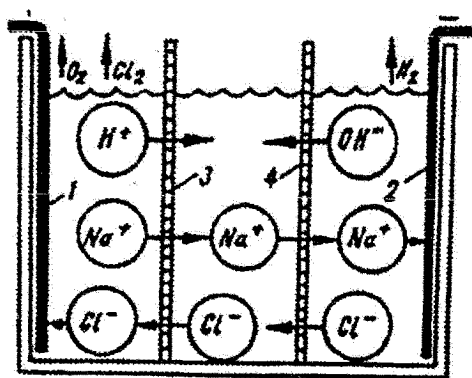
Вуглекислий газ, який виділяється в процесі розкладання бікарбонатних солей, видучається в дегазаторі.

При пропусканні води після Н-катионітових фільтрів через аніонітові фільтри аніони утворених кислот обмінюються на іон ОН



Регенерація ОН-аніонітових фільтрів здійснюється 23 %-ним розчином їдкого натру.

Електрохімічний метод опріснення і знесолення води ґрунтується на використанні електродіалізу і електроосмосу. Спрощена схема установки для електрохімічного знесолення і опріснення являє собою ємкість, яку розділено двома дірчастими перетинками 3 і 4 на три камери (катодну, робочу і анодну) із зануреними в крайні комірки електродами 1 і 2 (рис. 6.3.). Після заповнення



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

При цьому на катоді відбувається утворення вільного водню, на аноді

Рис. 6.3. Схема електрохімічного знесолення води в трикамерному електролізері

- виділення кисню, тобто підкислення анодної рідини й підвищення катодної лужності.

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

Значної практичної цінності набув перспективний спосіб знесолення води методом електродіалізу з використанням селективнопроникних іонітових мембран.

Метод зворотного осмосу (гіперфільтрація). Зворотно-осмотичні опріснювачі складаються з насоса високого тиску, який прокачує солону воду через плоскі або трубчасті мембрани чи волокна, які здатні під тиском, вищим за осмотичний, пропускати молекули води, але не пропускати гідратовані іони розчинених у воді солей.

У наш час помітною стала тенденція до збільшення частки зворотно-осмотичних опріснювачів, що зумовлено низькою витратою енергії, застосуванням модульних конструкцій, а також невеликими об'ємами скидного розсолу.

6.5. Стабілізація та дегазація

Стабільність є одним із основних показників якості води, вона характеризує її властивість не виділяти з розчину і не розчиняти карбонат кальцію. Якість води, яка пройшла очисні споруди, не можна вважати задовільною, якщо при проходженні далі по системі вона забарвлюється чи дає осад. Порушення стабільності води може зумовлюватися присутністю агресивної вуглекислоти чи кисню, низьким рН, перенасиченням води карбонатом кальцію чи гідроксидом магнію, підвищеною концентрацією сульфатів чи хлоридів. Величиною, яка характеризує дану властивість, є показник стабільності С.

Існують два методи визначення величини С - основний і допоміжний. Основний-

$$C = L_{\text{пр}} / L_{\text{пер}} \quad (6.19)$$

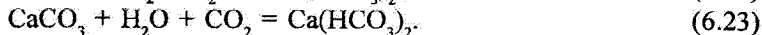
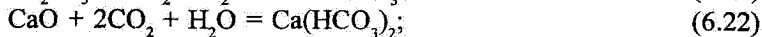
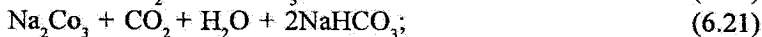
де $L_{\text{пр}}$ - лужність води у природному стані; $L_{\text{пер}}$ - лужність води після перемішування її з карбонатом кальцію.

При перемішуванні води, яка містить агресивну вуглекислоту, з карбонатом кальцію останній розчиняється і переходить у бікарбонат

кальцію. У результаті лужність і рН води підвищуються. Якщо вода перенасичена карбонатом кальцію, то відбувається його відкладання на зернах уведеного у воду додатково карбонату кальцію. рН і лужність води при цьому знижуються.

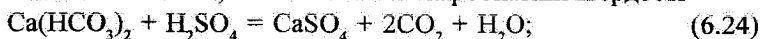
Таким чином, якщо співвідношення $L_{\text{пр}} / L_{\text{пер}} < 1$, то вода є агресивною; якщо співвідношення, $L_{\text{пр}} / L_{\text{пер}} > 1$, то вода є схильною до відкладання карбонату кальцію.

Для усунення вуглекислотної агресивності застосовуються реагентний і фільтраційний методи. Як реагенти і матеріали-наповнювачі фільтрів використовуються відповідно їдкий натр, сода, вапно, крейда чи мармур, доломіт. Стабілізація води зводиться до зв'язування вуглекислоти



Для боротьби з нестабільністю води, яка призводить до відкладання солей на поверхні трубопроводів, застосовують її підкислення, карбонізацію димовими газами (рекарбонізацію) тощо.

Підкислення води досягається введенням сірчаної чи соляної кислоти в кількостях, які еквівалентні карбонатній твердості



Дегазація води. Найбільш часто доводиться усувати з води корозійно активну вуглекислоту, кисень, H_2S , які зумовлюють чи підсилюють корозію металів, а також бетону. Наявність цих газів у воді негативно впливає в багатьох випадках на якість продукції та стан обладнання. До цього слід додати й неприємний запах, що надає воді H_2S .

Вміст перелічених газів у великих кількостях у природних водах, як правило, є мало ймовірним, за виключенням деяких підземних вод. Поверхнева вода насичується ними часто в результаті спеціальних методів обробки. Наприклад, при усуненні заліза, катіонітовому пом'якшенні води чи іонітовому знесоленні виникає необхідність усунення з води утвореної в ході процесу вуглекислоти. Існують фізичні та хімічні методи дегазації.

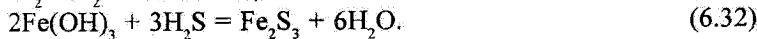
Фізичні методи ґрунтуються на властивості розчинених у воді газів виділятися при збільшенні поверхні контакту води з повітрям чи при створенні умов, що забезпечують мінімальну розчинність газів у воді.

Аерування використовується для газів, парціальний тиск яких у повітрі близький до нуля (CO_2 , H_2S). Кисень через значний парціальний тиск у повітрі шляхом аерації усунути не можна. Тому воду доводять до кипіння, коли розчинність усіх газів у воді падає до нуля. Технологічні способи аерування - дощування, фонтанування.

Хімічні методи ґрунтуються на хімічному зв'язуванні розчинених газів певною речовиною. Для усунення O_2 використовують фільтрування води через речовини, які окиснюються (наприклад, стальна стружка), а також обробку води сульфатом натрію чи сірчанистим газом



Для усування з води H_2S хімічними методами його окиснюють киснем повітря чи хлором. Крім того, може бути використано взаємодію сірководню з гідроксидом заліза

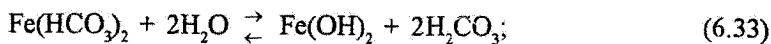


6.6. Вилучення заліза, марганцю, силіцію, фтору. Фторування

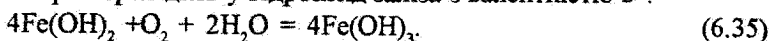
Вибір методу *вилучення заліза* залежить від форми вмісту заліза у воді. У наш час вилучення заліза здійснюється такими методами: аеруванням, вапнуванням, хлоруванням, коагулюванням, катіонуванням, а також за допомогою каталізаторів.

При вилученні заліза з підземних вод, які звичайно містять закисне залізо (Fe^{2+}) в іонній формі, використовують аерування; при вилученні заліза з поверхневих вод, де воно міститься у вигляді колоїдів і завислих речовин - коагулювання. Вапнування і катіонування застосовують у тих випадках, коли треба вилучити залізо і зробити воду м'якою. Дуже часто використовують комбіновані методи вилучення заліза.

Суть процесу вилучення заліза з води аеруванням полягає в тому що двовалентне Fe^{2+} переходить у Fe^{3+} і утворюється гідроксид заліза який випадає в осад. Аеруванням з води вилучається бікарбонат заліза який є нестійкою сполукою, що легко гідролізується у воді



Гідроксид заліза ($\text{Fe}(\text{OH})_2$) з валентністю 2^+ при окисненні киснем з повітря переходить у гідроксид заліза з валентністю 3^+ :



Крім насичення води киснем, аерування сприяє також інтенсивному вилученню з неї CO_2 . Оскільки процес окиснення двовалентного заліза в тривалентне суттєво уповільнюється за рН менше 7 і може не закінчитися на очисних спорудах, усунення CO_2 (вуглекислоти) яка при цьому утворюється і призводить до зниження рН, стає в деяких випадках необхідним технологічним етапом при вилученні заліза.

Кількість вуглекислоти, яку треба усунути (C_v), визначається за формулою

$$C_v = 1,57 C_{\text{Fe}} + (C_{\text{поч}} - C_{\text{оп}}), \quad (6.36)$$

де C_{Fe} - загальний вміст заліза у воді, мг/л; $C_{\text{поч}}$ - початкова концентрація вуглекислоти, мг/л; $C_{\text{оп}}$ - концентрація вільної вуглекислоти, яка відповідає оптимальному значенню рН при вилученні заліза (7,0-7,5 мг/л).

Якщо рН води після гідролізу не падає нижче 7, повітря вводять у воду в кількостях, необхідних тільки для окиснення. Це відбувається шляхом подачі його в патрубок насоса чи шляхом додавання в трубопровід перед фільтруванням.

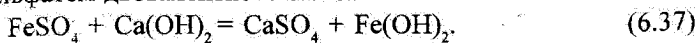
У таких випадках, коли необхідно підвищити рН, використовують розбризкування води в спеціальних басейнах, аерування на градирнях.

Як правило, установка для вилучення бікарбонату заліза складається із спеціального пристрою для вилучення вуглекислоти і окиснення заліза киснем, контактних резервуарів чи заповнених піском фільтрів. Там завершуються процеси окиснення. За вмісту заліза до 10 мг/л вивільнення води від гідроксиду заліза можна здійснити безпосередньо на освітлювальних фільтрах. Під час аерування концентрація заліза знижується до 0,1-0,3 мг/л.

Вапнування і хлорування часто проводяться додатково до аерації або ж замість неї. Для прикладу зазначимо, що східна частина Берліна

(ФРН) постачається алювіальними водами р.Шпрее. Якість води є доброю, але в ній міститься 7 мг/л заліза, яке усувається шляхом аерування води. Залізо окиснюється і випадає в осад.

Вапнування здійснюється за низьких рН (нижче 6,5) води, що обробляється, коли утруднюється перехід закисного заліза в окисне. Підвищення рН води значно прискорює процеси гідролізу і окиснення заліза. Вапнуванням вилучається сульфат заліза. Доза вапна повинна забезпечити рН води не менше 8,3. Додане вапно спочатку реагує з сульфатом двовалентного заліза



Утворений гідроксид заліза окиснюється до $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

У багатьох випадках вапнуванням може бути вилучено залізо з поверхневих вод. Якщо вміст кисню у воді не є достатнім для окиснення, одночасно з вапнуванням проводять хлорування води чи аерування. Доза хлору визначається за спеціальною формулою.

Часто необхідний ефект окиснення досягається без додавання вапна лише хлоруванням дозами 13 мг/л Cl_2 , після чого вода фільтрується через піщані фільтри.

Залізо, яке знаходиться у воді у вигляді колоїдів, тонко дисперсних і комплексних органічних сполук, вилучається обробкою води коагулянтами (сульфатом амонію тощо). Інколи використовується попереднє хлорування води з метою руйнування органічних сполук заліза. Застосування залізних коагулянтів забезпечує повне вилучення заліза з води в результаті інтенсивної адсорбції іонів заліза на пластифікатори.

Величина дози коагулянту встановлюється дослідним шляхом. Технологічна схема при цьому включає набір реагентів, змішувачі, освітлювачі та фільтри.

Метод катіонного обміну дозволяє повністю звільнити воду від солей заліза. Цей спосіб є простим і зручним в експлуатації, але не завжди економічним через те, що поряд з іонами заліза відбувається затримання катіонів твердості. Тому використання методу є раціональним за необхідності одночасного пом'якшення води, а також тоді, коли вода достатньо прозора і витрати її невеликі.

Найбільш часто використовується Н- чи Na-катіонітова схема використання будь-яких катіонітових матеріалів. Коли пом'якшення не потрібне, можна використати Са-катіоніт. Для ефективної обробки

фільтрів важливо встановити оптимальне співвідношення між твердістю і вмістом заліза.

Вилучення заліза з води за допомогою каталізаторів надає можливість швидкого окиснення закисного заліза і за низьких рН. Встановлено, що навіть у присутності каталізаторів за рН 5,0-5,5 окиснення заліза відбувається майже миттєво. Як каталізатор при окисненні використовують або ж подрібнений піролюзит ($\text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), або ж "чорний пісок". Останній - це кварцовий пісок, вкритий плівкою оксидів марганцю (має чорний колір).

Вилучення марганцю з води відбувається вапнуванням чи аеруванням з майбутнім фільтруванням через контактні фільтри, катіонуванням і за допомогою біологічних методів. Воду після вапнування чи аерування фільтрують через контактні фільтри, які заповнено піролюзитом або ж "чорним піском". Під дією кисню повітря чотиривалентний марганець піролюзиту окиснюється до семивалентного.

Марганець вилучається з води до 0,01-0,1 мг/л при фільтруванні через Н-катіоніти. Але у зв'язку з тим, що під час фільтрування усуваються також інші катіони, які знаходяться у воді, цей метод з економічного погляду не виправдовує себе.

Біологічний спосіб вилучення марганцю ґрунтується на використанні бактерій, які поглинають Mn у процесі життєдіяльності. Бактерії, що відмерли, утворюють на тілі фільтра пористу масу, збагачену MnO_2 .

Для **вилучення силіцію** з води в даний час використовують магнезіальне вилучення силіцію осадженням чи фільтруванням, обмін катіонів, а також обробку вапном, солями заліза й алюмінію, соляною чи сірчаною кислотою.

Усунення силіцію вапнуванням ґрунтується на відносно малій розчинності силікату кальцію. Ефективність методу є невеликою за вмісту у воді 10-12 мг/л кремнієвої кислоти залишковий вміст її в обробленій воді становитиме 6-8 мг/л.

Метод вилучення силіцію з використанням як реагенту *солей заліза* знижує початковий вміст кремнієвої кислоти до 2,5-4,0 мг/л. Метод ґрунтується на властивості пластівців гідроксиду заліза сортувати молекулярно-дисперсну і колоїдну кремнієву кислоту.

Магнезіальний метод ґрунтується на властивості магнезіальних реагентів (оксид маґнію, доломіт, магнезит тощо) сорбувати з водних розчинів колоїдну і молекулярно-дисперсну кремнієву кислоту.

З метою зниження витрати магнезіальних реагентів у три-чотири рази використовують високий підігрів і рециркуляцію шламу з відстійників у камеру. Так, при нагріванні води до температури 35-45°C залишковий вміст кремнієвої кислоти при обробці оксидом маґнію не буде перевищувати 2 мг/л.

У зв'язку з дефіцитом і значною вартістю оксиду маґнію як реагенту часто використовують випалений декарбонізований доломіт і напіввипалений каустичний доломіт. Випалений доломіт замочується у воді протягом 1,5-2,0 год, а потім дозується у воду у вигляді розчину 5 %-ної концентрації (за сумою $\text{CaO} + \text{MgO}$). В освітлювачі утворюється осад з карбонату кальцію і оксиду маґнію, які сорбують на собі кремнієву кислоту. Вилучення силіцію з води магнезіальними сорбентами використовується в основному в теплоенергетиці.

За *фільтраційного методу* для заповнення фільтрів застосовують магнезіальні сорбенти (напіввипалений доломіт тощо), активований оксид алюмінію, боксити. Суть вилучення кремнієвої кислоти шляхом фільтрування через такий сорбент полягає в утворенні мало розчинного у воді силікату маґнію. Недолік такого методу - необхідність за вмісту SiO_2 до 10 мг/л кожні шість місяців замінювати наповнювач фільтрів, оскільки сорбент не регенерується.

Великий практичний інтерес становить використання для заповнення фільтра активованого оксиду алюмінію і бокситу.

Повністю вилучити кремнієву кислоту з води можна шляхом пропускання її через іонітові фільтри. Як іонообмінний матеріал використовуються сильно лужні аніоніти.

Вилучення фтору і фторування води. Як раніше зазначалося, концентрація фтору в питній воді, яка перевищує 1,5 мг/л, викликає в людей специфічне враження зубів. Воно отримало назву "плямиста емаль". А в людей, які користуються водою з концентрацією фтору, яка перевищує 3-5 мг/л, окрім "плямистої емалі" зубів виявляються зміни в кістках скелета, у дітей частіше спостерігається недокрів'я та рахіт, є дані щодо несприятливого впливу підвищення концентрацій F на функціональний стан серцево-судинної й нервової системи тощо.

За використання для пиття води з низьким вмістом F ($< 0,5$ мг/л) у сукупності з іншими факторами (нераціональне харчування, несприятливі умови праці та побуту) спостерігається поширення захворювання на карієс зубів. Вважають, що оптимальна концентрація F у воді має становити 0,7-1,2 мг/л, гранично-допустима норма - 1,5 мг/л.

З розглянутого видно, що вилучення надлишків F з природних вод, як і фторування вод з малим його вмістом, є заходами однаково важливими. Методи, які використовуються для вилучення фтору з води поділяються на дві групи: реагентні та фільтраційні. В їх основі лежать процеси сорбції.

Реагентні методи ґрунтуються на сорбції фторид-іона свіжими осадами гідроксидів магнію чи алюмінію.

При введенні солей магнію (сульфатів чи хлоридів) у воду утворюється малорозчинний гідроксид магнію, який добре сорбує фтор. Оскільки утворення гідроксиду відбувається ефективно за рН води близько 10,2-10,3 у воду частіше за все додають вапно. Цим методом звичайно користуються при вилученні фтору з поверхневих вод, при освітленні та пом'якшенні води.

Для підземних вод, яким не потрібно освітлення, важливими є *фільтраційні методи*. Вони полягають у фільтруванні води через гранульовані матеріали, які здатні сорбувати фтор. У наш час як сорбенти практичного значення набули активованій оксид алюмінію та гідроксилопатит. Підвищення вмісту іонів фтору у воді (фторування) досягається введенням в неї речовин, які містять фтор. Зараз найбільш поширеними є реагенти, які випускає вітчизняна промисловість: фторид натрію, кремнієфтористоводнева і фтористоводнева кислоти. Усі вони мають однакову протикорозійну реакцію. Але при виборі реагенту беруть до уваги не тільки ефективність його протикорозійних властивостей, але і токсичні властивості. Реагенти, які містять фтор, додаються у воду або у вигляді сухого порошку, або ж у вигляді розчину.

6.7. Знезараження води хлором, озоном, сріблом та йодом

Хлорування води - один із поширених методів знезараження води на водопроводах. Ця процедура виконується у всіх випадках забору води з поверхневих водойм, а також при отриманні води з підземних

джерел, бактеріальні показники яких не відповідають вимогам стандарту.

Хлорування води відбувається газоподібним хлором або хлоречовинами, що містять активний хлор: хлорне вапно, хлорит, діоксид хлору. Під "активним хлором" розуміють кількість газоподібного хлору, що відповідає кількості O_2 , який виділяється сполуками при уведенні їх у воду. Для знезараження води, як правило, слід використовувати рідкий хлор. На станціях невеликої продуктивності (до $3000 \text{ м}^3/\text{добу}$) знезараження води допускається хлорним вапном. Суть дії хлору полягає в пригніченні обміну і окисненню речовин, які входять до складу протоплазми клітин бактерій, в результаті чого останні гинуть.

Збудники тифу, дизентерії, холери й бруцеллозу є дуже чутливими до дії хлору. Навіть сильно заражена бактеріями вода значною мірою дезінфікується порівняно невеликими дозами хлору. Але все одно при хлоруванні повної стерилізації води не відбувається. У ній залишаються одиничні представники мікроорганізмів, і залежить це від різної стійкості до хлору окремих видів мікроорганізмів та вірусів.

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2. \quad (6.38)$$

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

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

Газоподібний хлор добре розчинний у воді, розчинність його підвищується із зниженням температури і збільшенням тиску. Але за низьких температур утворюються гідрати хлору загального складу $\text{Cl}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, які випадають в осад і, таким чином, визначають граничну концентрацію хлору у воді. За насичення води хлором утворюється хлорна вода, яка має сильні окиснювальні властивості.

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

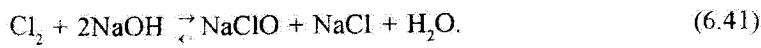


Ступінь гідролізу визначається активною реакцією середовища. За рН 5 активний хлор майже повністю знаходиться в розчині в молекулярній формі. В інтервалі рН 5-9,2 присутня хлорноватиста кислота з деякими домішками гіпохлоритів. За рН 9,2 активний хлор знаходиться в розчині тільки у вигляді іонів ClO^-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

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



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



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

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

Реакція розкладання у хлорного вапна водою протікає за рівнянням

$$2\text{CaOCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CaCl}_2 + \text{Ca(OH)}_2 + 2\text{HClO}. \quad (6.42)$$

Серед хлоритів особливе місце посідає NaClO_2 як вихідний продукт для отримання діоксиду хлору. Хлорит натрію є сильним окисником. За pH 2 розкладання хлориту натрію у воді протікає з утворенням ClO_2 і HCl .

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

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

При виборі методу хлорування необхідно враховувати цільове призначення цього процесу, наявність забруднюючих речовин у воді, їх характер, специфіку водоочисних споруд. Виходячи з різних цілей хлорування, існуючі методи обробки води хлором та солями, які

містять активний хлор, можна об'єднати у дві групи: постхлорування (завершальне) і прехлорування (попереднє) води.

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

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

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

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

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

Комбіновані методи хлорування, тобто обробка води хлором разом з іншими бактерицидними препаратами (гіосульфатом, сульфітом натрію, біосульфітом натрію), можуть використовуватися для посилення дії хлору чи фіксації його у воді на більш довгий строк. До комбінованих методів відносяться: хлорування з мангануванням (додається KMnO_4), хлорсрібний та хлормідний способи (у воду вводяться одночасно хлор та іони Ag і Cu), а також хлорування з

амонізацією (уводиться аміак чи солі амонію). Комбіновані методи використовуються не лише для обробки великих об'ємів води на стаціонарних водопроводах, але і як індивідуальні засоби знезараження води.

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

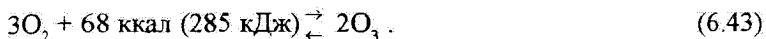
Практичне використання процесу хлорування води в основному зводиться до пре- та постхлорування. Застосовується також подвійне хлорування (пре- та постхлорування). У такому випадку до кожного з цих процесів висуваються різні вимоги: попереднє хлорування проводять для того, щоб підготувати воду до наступних етапів очистки, від завершального хлорування вимагається забезпечення необхідної концентрації залишкового хлору у воді, яка гарантує санітарну якість води (хлор уводиться після фільтрів). Подвійне хлорування використовується за високої колірності вихідної води та за підвищеного вмісту в ній органічних речовин.

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

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

озону за температури 0°C у воді становить 0,394 г/л, тобто у 15 раз більша, ніж у кисню (0,049 г/л).

Озон утворюється за зворотною реакцією



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



“Звичайний” кисень O_2 в реакцію з KI не вступає.

Озон в атмосфері зумовлює характер поглинання сонячної радіації земною атмосферою, хоча і міститься він у надзвичайно малих кількостях. Так, товщина шару озону за нормальних умов тиску та температури в середньому для всієї Землі становить 2,5-3 мм (у екваторіальних областях близько 2 мм, а у високих широтах до 0,5 мм). Основна маса озону розташована у вигляді шару, який називається озоносферою, на висоті 10-50 км (максимум на висоті 20-25 км). Озон найбільш сильно поглинає радіацію на ділянці спектру з довжиною хвилі 2900 Å, тому ця досить активна у біологічному відношенні частина сонячної радіації не досягає земної поверхні. В результаті поглинання радіації температура у шарі озону сильно підвищується.

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

Озонування води ґрунтується на властивості озону розкладатися у воді з утворенням атомарного кисню ($\text{O}_3 \rightarrow \text{O}_2 + \text{O}$), який руйнує ферментні системи мікробних клітин, окиснює деякі сполуки, що надають воді неприємного запаху (наприклад, гумінові основи).

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

З позиції гігієни озонування є одним з найкращих способів знезараження води. Вода при цьому не збагачується додатковими домішками. Залишковий невикористаний озон через короткий проміжок часу розпадається і перетворюється на кисень. Нагадаємо, що перші досліді з озонування дніпровської води у Києві було проведено 1908 р., а промислову озонаторну установку на дніпровському водозаборі було встановлено 1974 р. (див. розділ 3.1.).

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

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

Знезараження води іонами срібла. Срібло навіть у малих концентраціях має властивість знищувати мікроорганізми, що пояснюється властивістю його іонів руйнувати протоплазму мікроорганізмів. За теорією Л.Вороца та Е.Тоферна, механізм бактерицидної дії срібла пояснюється порушенням обміну речовин у клітинах бактерій внаслідок блокування активних груп (COOH та SN) в окремих ферментів.

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

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

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

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

Досліди показали, що за ефективністю дії срібної води на різні види бактерій останні розміщуються в такій послідовності: бактерії колі→бактерії Флекснера (дизентерія)→ бактерії Еберга (черевний тиф)→стрептококи→стафілококи.

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

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

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

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

1) менша тривалість контакту з водою;

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

6.8. Безагентагентні методи знезараження води

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

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

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

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

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

Знезараження води ультразвуковими хвилями. Ультразвуком називають механічні коливання, частота яких вища порога чутливості людського вуха, тобто більше 20 кГц. Велика інтенсивність коливань - одна з особливостей ультразвуку - зумовлює його фізико-хімічну та біологічну дію.

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

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

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

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

6.9. Ефективність різних методів знезараження води

Серед відомих окисних методів знезараження води найбільше практичне застосування отримало хлорування. В основному використовується рідкий хлор, але можуть застосовуватися і препарати, які містять активний хлор (хлорне вапно, гіпохлорити кальцію і натрію, хлораміни, діоксид хлору та ін.), а також активний хлор, отриманий методом електролізу на місці використання. Світове виробництво рідкого хлору в кінці 80-х років досягало 30 млн т на рік, а його ціна за

1 т становила 330 доларів. На очистку і знезараження природних і стічних вод витрачається близько 2 млн т хлору (І.Г.Сиркіна та ін., 1988).

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

Застосування в практиці водопідготовки інших окисників (озону, йоду, бром, перманганату калію, пероксиду водню та ін.) як основних реагентів стримується їх дефіцитом, високою вартістю, відсутністю широкомасштабних спеціальних досліджень, багаторічних спостережень за дією на організм людини продуктів їх взаємодії з неорганічними і органічними домішками природних вод (табл. 6.2). Так, застосування тільки озонування недостатньо для надійного знезараження питної води через дуже малий період його післядії. Озонування ефективно застосовується для деструкції органічних, токсичних чи важко окиснюваних речовин (М.О.Шевченко та ін., 1979).

Обробка води іонами важких металів (наприклад, срібла) прийнятна для пристроїв незначної продуктивності. Коагулювання, флокулювання і такі фізичні методи, як γ -опромінення, обробка ультрафіолетовими променями та інші також не забезпечують консервацію води.

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

Відомо ряд комбінованих методів хлорування води: хлорування з амонізацією, хлорування з мангануванням, хлорсрібний метод та ін.

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

Таблиця 6.2. Характеристика сучасних методів знезараження води (за О.В. Сліпченком, Л.А.Кульським, Є.С.Мацкевичем, 1990)

Метод знезараження	Переваги	Недоліки
Хлорування рідкими хлором (доза хлору 1-10 г/м ³ , контакт 0,5-1 год)	Мас високу дезінфікуючу здатність. Відносно стійкий і зберігає активність тривалий час, легко дозується і контролюється. Може транспортуватися і використовуватися в будь-якому місці. Найбільш дешевий	Утворює тригалоген-метани, для ліквідації яких необхідна додаткова очистка. Утворює продукти хлорування із запахами (хлорфеноли). Необхідні спеціальні сховища, проміжна ємність для забезпечення 1 год контакту, постійний контроль за роботою дозатора. Небезпечна сильноїдіюча отруйна речовина (СДОР)
Хлорування із застосуванням прямого електролізу природних слабкомінералізованих вод, (доза хлору 1-10 г/м ³ , контакт 0,5-1 год)	Переваги рідкого хлору зберігаються. Полегшується дозування і експлуатація. Легко піддається експлуатації. У технологічній схемі відсутні ємності для приготування електролізу. Витрати ручної праці мінімальні	Малі значення виходу активного хлору, необхідність депазивації електродів від гідрокарбонатних відкладів. Більш висока електроємність
Хлорування концентрованими розчинами (хлорне вапно, гіпохлорити натрію і кальцію, доза хлору 1-10 г/м ³ , контакт 0,5-1 год)	Переваги рідкого хлору зберігаються. Безпечність застосування	Гостро дефіцитні. Необхідні додаткові ємності для приготування робочих розчинів, сухі складські приміщення. Швидко втрачають активність. Витрати ручної праці
Хлорування концентрованими водними розчинами хлормістких речовин (доза хлору 1-10 г/м ³ , контакт 0,5-1 год)	Переваги рідкого хлору зберігаються. Відносна безпечність при роботі	Дефіцитні. Швидко втрачають активність (малостійкі). Витрати ручної праці. Необхідність ємностей для розведення і пристроїв для дозування розчинів

Метод знезараження	Переваги	Недоліки
Хлорування діоксидом хлору (доза $\text{ClO}_2 - 0,3 - 2,0 \text{ г/м}^3$, контакт $0,5 \text{ год}$)	Дезинфікуюча здатність наближується до озону. Не утворює токсичних продуктів хлорування, які мають мутагенну активність	Висока вартість, технологічні труднощі, можливість використання лише на місці одержання, дефіцитність реагентів
Хлорування неорганічними хлораминами (доза $\text{NH}_2\text{Cl} - 1-5 \text{ г/м}^3$, контакт $1-3 \text{ год}$)	Зниження ймовірності утворення тригалогенметанів у воді після хлорування. Значне зменшення доз хлору	Менша окисна здатність і, як наслідок, повна ембріо- і гонадотоксичних речовин при хлоруванні пестицидів, ароматичних амінів та ін.
Йодування, бромування (доза галогену $0,36-5,0 \text{ г/м}^3$, контакт $0,5 \text{ год}$)	Дезинфікуюча здатність вища, ніж у хлору. Менша тривалість контакту з водою, розширення діапазону бактеріцидної дії	Висока вартість, обмежена наявність, технологічні труднощі. Обмеженість застосування. Утворює токсичні галогенізовані сполуки
Озонування (доза озону $1-5 \text{ г/м}^3$, контакт не менше $0,2 \text{ год}$)	Найбільш висока дезинфікуюча здатність. Продукти окиснення не мають мутагенної активності	Висока вартість, значні технологічні труднощі, висока небезпека експлуатації, необхідність негайного використання води через малу післядію озону
Обробка перманганатом калію (доза $\text{KMnO}_4 - 0,1-2,0 \text{ г/м}^3$, контакт $0,1-0,5 \text{ год}$)	Зручний для дезинфекції трубопроводів, оскільки не вимагає спеціального обладнання. Не утворює продуктів з неприємним запахом. Можливе тривале зберігання заготовленого розчину	Дезинфікуюча дія нижча, ніж у озону і хлору. Дефіцитний, вимагає ручної праці при приготуванні і старанного дозування
Обробка пероксидом (доза $\text{H}_2\text{O}_2 - 1-10 \text{ г/м}^3$, контакт $0,5-1 \text{ год}$)	Менш токсичний, ніж інші окисники. Розширення діапазону бактеріцидної дії порівняно з хлором. Не утворює отруйних випаровувань, не леткий	Висока вартість, технологічні труднощі при дозуванні і контролі. На світлі і при зберіганні руйнується
Обробка іонами важких металів (доза $- 0,05-5,0 \text{ г/м}^3$, контакт $1-2 \text{ год}$)	Нескладне обладнання, компактність і надійність в експлуатації. Тривала консервуюча дія	Дефіцитність чистих металів, на світлі втрачає бактеріцидність, необхідність точного дозування, десорбції іонів важких металів перед споживанням води

Метод знезараження	Переваги	Недоліки
Коагулювання, флокулювання, фільтрування (доза коагулянта 10-100 г/м ³ , експозиція 0,1-5,0 год)	Можливість обробки великих об'ємів води, добре вивчена та випробувана	Необхідність значного реагентного господарства, дозаторів, споруд для відстоювання обробленої води. Необхідність виділення і наступного осадження. Значна тривалість процесу
Обробка γ -опроміненням (доза опромінення, $5 \cdot 10^4$ рад, контакт 0,5 год)	Безреагентний спосіб, компактний і достатньо надійний при експлуатації	Недостатньо вивчений, жорсткі гігієнічні норми, утруднений контроль знезараження
Обробка ультрафіолетовими променнями (експозиція 1-2 хв)	Для виключно на біологічні об'єкти, можливість не обмежувати дозу обробки. Руйнує тканини	Необхідність ретельної попередньої очистки води від завислих речовин і залива. Не має гіядї. Значні експлуатаційні витрати
Обробка високочастотним розрядом (1-2,5 кВ, 10-25 кГц)	Миттєва дія, можливість повної автоматизації при експлуатації, не вимагає ручної праці	Складна апаратура, великі мази і габарити пристроїв, значна витрата електроенергії
Електричний розряд малої потужності	Те саме	Двоступінчаста обробка, при невеликих швидкостях протікання води, значна витрата електроенергії
Термообробка ($t = 100^\circ\text{C}$; тривалість 0,1 год)	Легко здійснювати в польових умовах	Можливість обробки малих кількостей води, висока енергоємність
Обробка змінним електричним струмом (напруга поля 70-130 В/см, експозиція 6-15 с)	Не вимагає складного обладнання, компактна	Висока енергоємність, призводить до підвищення температури води. Не має гіядї

Закінчення табл. 6.2

Метод знезараження	Переваги	Недоліки
Вакумування (тиск 22–13,3 кПа, тривалість 0,5 год)	Можливість обробки при низьких температурах, які виключають термодеструкцію і зміну якісного складу води	Обмежена потреба, висока вартість і технологічна складність
Обробка ультразвуком (частота 12–25 кГц, експозиція близько 0,02 год)	Перевага безреагентного способу знезараження, можливість поєднувати з іншими видами дезинфекції	Недостатньо вивчена, висока енергоємність, відсутність промислових зразків обладнання
Мікрофільтрування (тиск 0,1–0,3 МПа)	Те саме	Обмеженість періоду експлуатації мембран до 180 діб, мала продуктивність, відсутність післядії

Хлорування з мангануванням (додається розчин KMnO_4) застосовують за необхідності посилити окисну й бактерицидну дію хлору. Уводити перманганат калію слід перед відстійниками. Відновлюючись до KMnO_2 , він повністю затримується у відстійниках і на фільтрах.

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

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

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

При хлоруванні води витрати хлору на різні види реакцій з органічними речовинами приблизно такі, % від загальної дози хлору:

Окиснення органічних речовин до CO_2	50 - 80
Утворення галогенацетонітрилу	0 - 5
Утворення тригалогенметанів (ТГМ)	0,5 - 5
Утворення хлорвмісних сполук (без ТГМ)	1 - 6
Інші реакції	Решта

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

Основними заходами, які рекомендуються для попередження появи цих небезпечних речовин при хлоруванні природних вод, є: зменшення концентрації хлору в зоні реакції; скорочення тривалості контакту з вільним хлором; усунення основної маси органічних речовин коагулюванням і адсорбцією до хлорування; заміна попереднього хлорування озонуванням чи обробкою діоксидом хлору.

Гранично-допустимі концентрації таких токсичних сполук, як тригалогенметани (ТГМ), у національних і міжнародних стандартах якості питної води коливаються в широких межах (від 1 до 100 мкг/л), оскільки це питання ще мало вивчено. Так, стандарти ЄЕС вимагають вилучення ТГМ до 1 мкг/л, рекомендації ВООЗ – до 10–30 мкг/л, стандарт США – до 100 мкг/л, а рекомендації нашого Міністерства охорони здоров'я – до 60 мкг/л.

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

Медиками виявлено взаємозв'язок між кількістю онкологічних захворювань і споживанням населенням хлорованої води, яка містила галогенорганічні сполуки. Для шести високо пріоритетних летких хлорорганічних сполук (ЛХС) Міністерство охорони здоров'я встановило орієнтовно безпечні рівні їх впливу на людину (ОБРВ) з урахуванням бластоомогенної активності (табл. 6.3).

Таблиця 6.3. Високо пріоритетні ЛХС та їх допустимі концентрації у питній воді, мг/л

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

ЛХС можуть потрапляти у питну воду у результаті:

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

Основні концентрації ЛХС утворюються на етапі первинного хлорування води при введенні хлору в неочищену воду. У хлорованій воді виявлено понад 20 різних ЛХС. Найбільш часто відзначається

присутність ТГМ і чотирихлористого вуглецю. При цьому кількість хлороформу, як правило, на один-три порядки перевищує вміст інших ЛХС.

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

Перспективи хлорування води. З табл. 6.4, у якій наведені дані про світове виробництво і застосування основних хлорвмісних дезінфекантів, видно, що хлор-газ є головним серед них.

Таблиця 6.4. Структура виробництва і застосування хлорвмісних дезінфекантів на 1985 р. (за І.Г.Сиркіною та ін., 1988)

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

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

У концепції поліпшення якості питної води в Україні, яку було створено згідно з прийнятою урядом 1991 р. науково-соціальною програмою "Питна вода", передбачено розробку і впровадження

сучасних технологій отримання якісної питної води з використанням озону, пероксиду водню, що виключає застосування хлору в технології очистки і запобігає утворенню високотоксичних хлорорганічних сполук.

Але в найближчий час, як вважає ряд учених (зокрема, О.В.Сліпченко, Л.А.Кульський, Є.С.Мацкевич, 1990), за масового централізованого водопостачання відмовитися від знезараження води методом хлорування буде складно з економічних і технологічних причин.

6.10. Очистка води від радіоактивних речовин

Ступінь радіоактивності природної води, як правило, є невеликим. У той самий час стічні води підприємств атомної промисловості, атомних енергетичних установок, науково-дослідних, медичних установ та ряду галузей промисловості, які використовують радіоактивні ізотопи, часто можуть бути серйозною причиною забруднення природних вод штучними радіоактивними елементами.

Дезактивація води має такі особливості: необхідність високого ступеня очистки, обмеженість методів та необхідність знешкодження чи захоронення виділених з води радіоактивних речовин.

За міжнародним стандартом якості питної води гранично-допустимий рівень сумарної радіоактивності встановлено для α -випромінювачів 10^{-9} мкКі/л, а для β -випромінювачів - 10^{-8} мкКі/л (Кюрі $\approx 3,7 \cdot 10^{10}$ розпадів/с).

Звичайно застосовуються усі необхідні заходи для охорони джерел водопостачання від забруднення радіоактивними відходами, тому забруднення водойм цими речовинами можливе за надзвичайних умов (наприклад, аварії). У таких випадках використання водойм, забруднених радіоактивними речовинами, припиняється, а водопостачання здійснюється за рахунок інших джерел. Лише за умови їх відсутності може виникнути необхідність дезактивації води. Для цього бажано в першу чергу використати очисні споруди водопроводу.

Практично ніякими доступними методами не можна прискорити чи уповільнити розпад радіоактивних речовин у воді. Тому дезактивацію води можна виконати двома способами: 1) витриманням її перед подачею користувачу протягом певного часу; 2) усуненням з неї завислих чи розчинених радіоактивних речовин.

Перший спосіб застосовується лише в тих випадках, коли вода забруднена короткоживучими ізотопами.

Вирішення проблем дезактивації води ускладнюється великою різноманітністю хімічних властивостей радіоізоотопів, а також тим, що радіоізотопи не викликають видимих якісних змін у воді. Тому надзвичайно важливим є наявність ефективного радіометричного контролю.

Усунення радіоактивних речовин з води може виконуватися шляхом дистиляції, відстоювання, фільтрування, коагулювання, адсорбції (глинами, активованим вугіллям тощо), іонного обміну, а також різними комбінаціями перелічених методів. У табл. 6.5. наведено порівняльні дані щодо усунення радіоактивних речовин з води різними методами. Вибір методу залежить від ступеня дисперсності радіоактивних речовин у воді, від періоду напіврозпаду і хімічних властивостей, від ступеня забруднення води тощо.

Таблиця. 6.5. Порівняльні дані щодо усунення радіоактивних речовин різними методами

Радіо-ізотопи	Усунення радіоізоотопів, %					
	Коагулювання	Фільтрування через пісок	Пом'якшення содою	Катіонування	Аніонування	Спільне іонування
¹³⁷ Cs -						
¹³⁷ Ba	0-37	10-70	50	99	9	99
⁸⁹ Sr	0-15	1-13	50-95	99	5-7	99
¹⁴⁰ Ba -						
¹⁴⁰ La	1-84	39-99	50-95	96-99	42-96	99
¹²⁵ Cd	-	60-99	50-99	98	0	99
Sc	62-99	94-99	50-95	96-97	99	99
⁹¹ Y	1-99	84-99	50-95	75-93	94-98	98-99
⁹⁵ Zr -						
⁹⁵ Nb	2-99	91-96	50-99	58-75	96-99	91-99
¹⁸⁵ W	1-96	3-18	50	9-16	97-99	99

Відстоювання води може використовуватися як самостійний метод дезактивації в тих випадках, коли радіоактивні речовини знаходяться у воді у вигляді завислих речовин або ж представлені короткоживучими ізотопами. Якщо тривалість відстоювання дорівнює

10-20 періодам напіврозпаду радіоактивної речовини, то потрібний ступінь дезактивації води досягається.

За даними американських авторів, ізотопи, що утворюються у воді, якою охолоджують атомні реактори, відрізняються коротким періодом напіврозпаду і за кілька годин перебування у відстійнику знижують свою активність на 96 %. Але все ж таки у більшості випадків відстоювання слід використовувати у комплексі з іншими методами.

Коагулювання, яке проводиться на очисних станціях водопроводів з метою освітлення води, дає значний і стабільний дезактивуючий ефект, якщо радіоактивні речовини адсорбовані на природних грубо дисперсних домішках, які зумовлюють каламутність води. Якщо радіоактивні речовини знаходяться в розчиненому стані, то дезактивація води за допомогою коагулянтів, як правило, є мало ефективною.

Адсорбція. Як адсорбенти при дезактивації пропонуються глини, активоване вугілля, добре подрібнена пемза, метали в порошкоподібному вигляді. Механізм дезактивації води глиною полягає в тому, що завислі глинисті частинки в результаті адсорбції та іонного обміну вилучають з води радіоактивні елементи, з якими й осідають на дно відстійника. Дезактивуюча дія глини значною мірою залежить від її обмінної властивості (наприклад, бентоніт краще очищає воду, ніж каолініт, який має меншу обмінну властивість). Комбінована обробка води коагулянтом та глиною дає більший ефект, ніж кожен з цих способів окремо.

Фільтрування. Звичайне фільтрування через піщані фільтри не є ефективним засобом вилучення радіоактивних речовин, оскільки чистий кварцовий пісок має надзвичайно малу адсорбційну властивість. В основному дезактивуюча дія фільтрів полягає у вилученні радіоізотопів, які захоплені пластифіцями коагулянту.

Звичайно на водопроводах використовують послідовно коагулювання, відстоювання, фільтрування. Зрозуміло, що в цілому ефект дезактивації в цьому разі повинен збільшуватися.

Реагентне пом'якшення води. Радіоактивний стронцій може співсаджуватися з карбонатом кальцію шляхом багаторазового додавання хлориду кальцію і вилучення осаду. Вважається, що стронцій усувається в результаті утворення або змішаних кристалів кальциту-стронціаніту (без підігріву) або арагоніту-стронціаніту (при

підігріві). Під час одноразового проходження через содово-вапневи пом'якшувач концентрація стронцію знижується до 50 %, при повторному - на 90 %.

Іонний обмін. Цей метод відноситься, згідно з літературними даними, до найбільш ефективних методів дезактивації води. Особливий ефект досягається при спільному $H - OH$ - іонуванні.

Методом іонного обміну можна знизити радіоактивність води до рівня в 100 разів меншого, ніж гранично-допустима радіоактивність води, за 7-10 днів.

Але відсутність іонообмінних матеріалів, які здійснюють вибірково адсорбцію радіоактивних ізотопів, призводить до того, що практично іонний обмін може бути використано лише для вод з невеликою мінералізацією. Крім того, висока вартість іонітів, труднощі регенерації, велика кількість радіоактивних відходів гальмують використання на великих водопроводах, пересувних та індивідуальних установках.

Дистиляція. У тих випадках, коли радіоактивні речовини не є летючими, воду може бути звільнено від них випаровуванням і поступовою конденсацією. Якщо ж вода містить леткі радіоактивні речовини, їм треба зв'язати чи осадити перед дистиляцією. У зв'язку з тим, що при дистиляції активність конденсату зменшується порівняно з вихідною водою на чотири-п'ять порядків, дуже забруднену воду треба переганяти двічі. Дистиляція є одним з надійних методів дезактивації води. Але у зв'язку із великою вартістю і відносно малою продуктивністю дистиляційної апаратури цей метод є доцільним переважно в тих випадках, коли треба обробити невелику кількість води.

Наведені дані в цілому викликають безумовний інтерес, але не вичерпними для розробки раціонального і економічно вигідного технологічного методу дезактивації господарсько-питних вод.

Біологічні методи. Після розпаду короткоживучих радіоактивних речовин, що потрапили в навколишнє середовище в результаті аварії на Чорнобильській АЕС у 1986 р., найбільшу небезпеку для населення становлять довгоживучі - стронцій-90, цезій-137. Стронцій знаходиться головним чином у розчиненому стані, а більша частина радіонуклідів цезію адсорбується на завислих частинках. Вилучення цих завислих частинок у місцях водозабору може суттєво поліпшити якість вод радіаційно-гігієнічного погляду.

Відомо, що завислі частинки у воді активно вилучаються молюсками-фільтраторами. До цієї групи належить дрейсена, масовий розвиток якої характерний для Київського водосховища. Як показали дослідження, виконані Інститутом гідробіології НАН України на Деснянському і Дніпровському водозаборах м. Кисва (М.І.Кузьменко та ін., 1992), на біофільтрах, заселених дрейсеною, вода може на 90-100 % очищатися від високорадіоактивних завислих частинок. При цьому заселення фільтрів може відбуватися природним шляхом, оскільки дрейсена розмножується плаваючими личинками.

Отримані дані свідчать, що радіоактивне забруднення водних екосистем річок Дніпра і Десни має хронічний і тривалий характер. Питома радіоактивність абіотичних компонентів цих екосистем у 1992 р. становила в 2,7-950, у гідробіонтах - у 3,8-4400 разів вищою, ніж до 1986 р. Тобто очевидною є акумуляція радіонуклідів у гідробіонтах. Отримані авторами дані дають змогу вважати, що створення біофільтрів на основі молюсків-фільтраторів є перспективним напрямком при розробці методів первинної очистки вод від радіоактивного забруднення.

Близькими до цих результатів за виявленим механізмом дії є дані, отримані Л.В.Шевцовою, які стосуються здатності дрейсени вилучати з води важкі метали, акумулюючи їх у своїй черепанці.

6.11. Побутові пристрої для очистки води. Виробництво природної столової води

Зростаюче забруднення природних вод і відповідно джерел водопостачання, не завжди якісна водопідготовка на централізованих водопроводах поставили таке актуальне питання, як доочистки водопровідної води у побуті. Тому в останні роки в Україні досить інтенсивно розробляються і реалізуються населенню *побутові компактні пристрої для доочистки водопровідної води* (табл. 6.6). Характерно, що їх розробниками є малі підприємства і фірми науково-виробничого екологічного спрямування, які потім розміщують свої замовлення на заводах.

Основними технологічними процесами очистки води цими пристроями є сорбція і фільтрація. З матеріалів, які використовуються, в першу чергу треба назвати активоване вугілля і сотову кераміку. Як

Таблиця 6.6. Основні характеристики деяких побутових пристроїв для доочищення водопровідної води, які випускаються в Україні за погодженням з Міністерством охорони здоров'я (на 1998 р.)

Назва пристрою, підприємство-розробник	Показники, які поліпшуються	Технологія очистки	Продуктивність, ресурс
Фільтр сорбційно-коагуляційний побутовий "Аква", МП "Аква", м. Київ	Органічні сполуки, іони важких металів, радіонукліди (цезій, стронцій), механічні домішки, присмаки, запах, твердість	Сорбція, фільтрація (капсули з керамічними сотовими структурами)	90 л/год, ресурс 60 000 л
Фільтр побутовий "Джерело", акціонерний консорціум "Екосорб", м. Київ	Оксиди заліза, сульфати, хлориди, нітрати, твердість, механічні домішки	Сорбція, фільтрація (сорбент, пористі елементи)	2,5 л/хв, ресурс 1 900 л
Фільтр побутовий "Джерело-І", акціонерний консорціум "Екосорб", м. Київ	Органічні сполуки (хлороформ, загальний органічний вуглець, чотирихлористий вуглець), оксиди заліза, сульфати, хлориди, нітрати, твердість, механічні домішки, каламутність	Сорбція, фільтрація (фільтр-патрон)	2,5 л/хв, ресурс 12 місяців
Водоочисник побутовий автономний ВПА "Акваліт-СІ", Інститут сорбції та екології, м. Київ	Органічні сполуки, іони важких металів, радіонукліди, механічні домішки, каламутність, присмаки, запахи	Сорбція, фільтрація (змінний фільтр-патрон)	6 л/год, ресурс 2500 л
Водоочисник "Водозор", МП "Центр Ордината", м. Дніпропетровськ	Іони важких металів, органічні забруднення, колоїдні домішки, ПАВ, механічні домішки, каламутність, запахи	Сорбція, фільтрація (фільтр-патрон)	10 л/год, ресурс 10 000 л

наповнювач може застосовуватися річковий пісок. Фільтри, як правило, є змінними.

Виробництво і реалізація питної природної столової води регулюється державним стандартом України ДСТУ-878-93 "Води мінеральні питні", який уведено в дію з 1.01.95. Згідно з цим стандартом, залежно від мінералізації, наявності специфічних (біологічно активних) компонентів і застосування мінеральні питні води

поділяються на: 1) лікувально-столові; 2) лікувально-столові змішаного складу; 3) природні столові.

До мінеральних питних лікувально-столових вод належать води з мінералізацією від 1,0 до 8,0 г/л усіх хімічних груп і від 1,0 до 15,0 г/л групи гідрокарбонатно-хлоридних, хлоридно-гідрокарбонатних натрієвих. Вони використовуються лише за призначенням лікаря, а не систематично, як столові напої.

До мінеральних питних лікувально-столових вод змішаного складу відносяться мінеральні води, отримані шляхом змішування природних вод різної мінералізації. Використовуються так, як і попередні.

До питних природних столових вод відносяться води з мінералізацією менше 1,0 г/л. Використовуються без обмежень як столовий напій і для приготування їжі. У кожному регіоні України випускаються свої природні столові води. У ДСТУ-878-93 із 314 зареєстрованих назв товарних питних мінеральних вод 197 становлять природні столові води і лише 117 - лікувально-столові води (на 01.01.95.). Як приклад можна навести випуск негазованих питних природних столових вод "Цілюща" (м. Київ), "Ордана" (м. Київ) та ін. Це артезіанські води з глибин близько 300 м, очищені без додавання спеціальних хімічних реагентів (фільтрування, обробка ультрафіолетовим промінням).

7. ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА САНІТАРНИЙ НАГЛЯД ЗА ДЖЕРЕЛАМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ

7.1. Розміщення водозаборів і зон санітарної охорони

Вибір джерела водопостачання. При виборі джерела водопостачання керуються положеннями, які викладено у стандарті 2761-84 “Джерела централізованого господарсько-питного водопостачання. Гігієнічні, технічні вимоги і правила вибору”. У першу чергу передбачається використання міжпластових напірних, безнапірних, підземних та поверхневих вод (річки, водосховища, озера, канали).

Оцінка якості води дозволяє перевірити правильність вибору джерела підземних вод, якість води якого відповідає стандарту 2874-82, чи поверхневих вод, які відповідають вимогам “Санітарних правил і норм охорони поверхневих вод від забруднення”. Якщо якість води обраного джерела водопостачання не відповідає вказаним документам, то її треба 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 жителя рекомендується приймати норму, згідно з БНіП 2.04.02-84, для міських і промислових районів на 1990 р.- 550 л/добу, на 2000 р.- 600 л/добу, для сільськогосподарських районів на 1990 р. - 125 л/добу, на 2000 р. - 150 л/добу.

Вказані орієнтовні норми господарсько-питного водокористування допускають збільшення чи зменшення водокористування не більше ніж на 10-20 % залежно від кліматичних та інших місцевих умов, а також від ступеня благоустрою. У цю загальну норму господарсько-питного водопостачання на одного жителя на добу не входить потреба (витрата) у воді заводів, великих майстерень тощо. Ця витрата становить до 25 % витрати води відповідно до наведених вище норм. Тому з урахуванням промислового водокористування норма на одного жителя повинна становити у містах не менше 750 л/добу, а для сільськогосподарських районів - не менше 150 л/добу. Ці орієнтовні норми на одного жителя передбачають господарсько-питне водопостачання в районах житлової забудови і в громадських спорудах, витрату води на поливку, миття території населених пунктів:

водопостачання на виробничі потреби тих підприємств, де необхідна вода питної якості; на тушіння пожеж; на потреби сільськогосподарських і виробничих комплексів; інші потреби, в тому числі промивку водопровідних і каналізаційних мереж.

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

$$Q_{\text{доб. макс}} = g_{\text{дж}} \cdot N_{\text{ж}} / 1000, \quad (7.1)$$

де $g_{\text{дж}}$ - питоме водокористування, яке приймається за БНП 2.04.02-84; $N_{\text{ж}}$ - розрахункова кількість жителів у районах житлової забудови з різним ступенем благоустрою; 1000 - коефіцієнт перерахунку 1 л в 1 м³.

Ця формула не враховує потреби населеного пункту у питній воді на перспективу розвитку протягом 25 років $Q_{\text{персп. розв.}}$, яка становить 15 % від орієнтовної норми господарсько-питного водопостачання, а також потреби промислового водопостачання ($Q_{\text{пр}}$), які розраховуються згідно з вимогами БНП 2.04.01-85 і БНП 11.90-81.

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

$$g_{\text{год. макс}} = K_{\text{год. макс}} \cdot Q_{\text{доб. макс}} / 24, \quad (7.2)$$

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

$$K_{\text{год. макс}} = a_{\text{макс}} \cdot b_{\text{макс}}, \quad (7.3)$$

причому $a_{\text{макс}}$ - коефіцієнт, який враховує ступінь благоустрою споруд, режим роботи підприємств та інше і дорівнює 1,2 - 1,4; $b_{\text{макс}}$ - коефіцієнт, зумовлений кількістю жителів у населеному пункті - при 100 жителях 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 уверх 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 неспроможних водойм (озера, водосховища) до першого поясу входять берегова смуга не менше, ніж на 100 м і обидва боки від лінії урізу води, і акваторія не менше 100 м від водозабору в усіх напрямках. Акваторія першого поясу має бути позначена бакенами. Крім акваторії та її берегів, до першого поясу повинна увійти вся територія, зайнята головними водопровідними спорудами, смуга захисних зелених насаджень за периметром зони резервна територія на випадок розширення водопроводу. При цьому треба врахувати, що відстань від складу хлору до найближчих житлових і громадських споруд повинна бути не менше 300 м.

Територія першого поясу має бути огороженою і 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 уверх проти течії настільки, щоб мікробна самоочистка 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 визначають, виходячи з часу

проходження води (діб), необхідного для мікробної самоочистки, та швидкості течії води (м/с).

На неплоточних 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 вверх 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; очистка 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 обігрунтованою з урахуванням місцевої гідрогеологічної та санітарної ситуації. Межа другого поясу ЗСО визначається гідродинамічними розрахунками так, 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 так, щоб при надходженні за її межами у водоносний горизонт хімічних (стабільних) забруднюючих речовин вони не досягли водозабору або ж досягли його не раніше розрахункового часу T_x . 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 T_x треба встановлювати не менше 25 років.

У межах другого поясу без дозволу СЕС не допускається будівництво, особливо з порушенням цілісності ґрунту і водонепроникних шарів чи 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.

7.2. 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 очистки води і т.д. Тому експертиза проектів водопостачання і ЗСО проводиться 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, БНП 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 включають 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 чи 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 і основні дані розрахунку продуктивності водопідйомних і очисних споруд;

е) 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 і 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 включають план першого поясу ЗСО у масштабі 1:500 - 1:1000 і план другого і 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 проводиться 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.

Перевірка розрахункової потреби населеного пункту (об'єкта) у питній воді. Перш за все оцінюється правильність розрахунку добової продуктивності водопроводу. Для цього необхідно знати кількість населення, яке обслуговується, а також інші джерела водопостачання. Водопровід повинен обслуговувати все або майже все населення. Якщо через об'єктивні причини охоплення всього

населеного пункту першою чергою будівництва не є можливим, то перш за все до водопровідної мережі підключають житлові райони з багатоповерховою забудовою, а також найбільш несприятливі у санітарному відношенні райони, в яких відсутні доброякісні джерела місцевого водопостачання.

Правильність вибору технологічної схеми обробки води і місця розташування майданчика головних водопровідних споруд

Очистка води може виконуватися за п'ятьма різними схемами: 1) природне відстоювання води з наступним фільтруванням через повільнодіючі піщані фільтри (продуктивність водопроводу до 1000 м³/добу, за колірності води не більше 50°, а каламутності не більше 20 мг/л); 2) коагуляція, відстоювання та фільтрування води на швидкодіючих фільтрах різної конструкції (необмежена продуктивність водопроводу за колірності не більше 200°, каламутності - 1500 мг/л); 3) коагуляція та фільтрування води через контактні освітлювачі (будь-яка продуктивність водопроводу за колірності води не більше 120°, а каламутності - 1500 мг/л); 4) мікрофільтрування для попереднього усунення з води фіто- і зоопланктону, коагуляція, відстоювання та фільтрування води на освітлювачах (будь-яка продуктивність водопроводу за колірності води не більше 200°, каламутності - 1500 мг/л і кількості планктону - 100 тис. кл/л); 5) мікрофільтрування для попереднього усунення з води фіто- і зоопланктону, коагуляція, двоступеневе відстоювання для сильно каламутної води, фільтрація води на швидких фільтрах чи контактних освітлювачах, застосування окисників і сорбентів для усунення запаху і більш ефективного знезараження (будь-яка продуктивність водопроводу за колірності води не більше 200°, а каламутності - 10 000 мг/л, запаху 4 бали, кількості зоопланктону 50 тис. кл/л).

При знезараженні води на річкових водопроводах віддають перевагу озонуванню та різним методам хлорування. Для усунення хлорфенольних запахів, які з'являються після хлорування води, у технологічний процес має бути включено відповідні операції. За необхідності треба передбачити фторування чи, навпаки, знефторення води.

У зв'язку з використанням у сучасних умовах нових синтетичних матеріалів слід перевірити, чи дозволені вони для застосування Міністерством охорони здоров'я.

Правильність влаштування окремих споруд водопроводу. Послідовність оцінки влаштування окремих споруд визначається технологічним процесом обробки води. Спочатку розглядають конструкцію водозабірних споруд. За використання підземних вод з'ясовують спосіб тампонажу простору в місцях стиків обсадних труб, забезпечення ізольованості даного водоносного горизонту від розташованих вище і нижче тощо. В останні роки гирла свердловин завжди розміщують у наземних павільйонах, що виключає можливість потрапляння до них ґрунтових вод на відміну від їх влаштування в шахті.

Серед водопідйомних засобів надають перевагу відцентровим насосам, а за неможливості їх використання - ерліфтам.

При розгляді проекту споруд для коагуляції та відстоювання перевіряють, які реагенти планується застосовувати, їх дози, об'єм і продуктивність окремих споруд реагентного господарства.

Найбільш відповідальним при проведенні санітарної експертизи є питання знезараження води. За умови хлорування води треба з'ясувати, який реагент передбачається застосовувати для знезараження води: хлорне вапно, інші гіпохлорати, рідкий хлор. На невеликих водопроводах продуктивністю 3000 м³/добу може використовуватися хлорне вапно, на більших - рідкий хлор. За однократного хлорування хлормісткі реагенти треба вводити перед трубопроводом фільтрованої води або перед резервуаром чистої води.

Запаси хлору або хлорного вапна на території водопровідної станції треба зберігати у спеціальних складських приміщеннях (затемнених, прохолодних, сухих, добре вентильованих).

Важливу роль відіграють запасні та регулюючі ємкості на водопроводах (підземні резервуари та водонапірні вежі). Місткість резервуарів повинна забезпечити безперебійне водопостачання у годину "пік", а також запас води на випадок аварії. Стінки та дно підземних резервуарів мають бути водотривкими (залізобетонні, цегляні). Дно резервуара повинно знаходитися вище рівня ґрунтових вод. За необхідності його зниження досягають за допомогою дренажу.

Насосні станції першого і другого підйому має бути обладнано достатньою кількістю насосних установок, у тому числі і резервних, для забезпечення максимальної продуктивності водопровідної станції.

Важливим є етап оцінки водопровідної мережі, оскільки для її прокладання існує ряд обмежуючих вимог. Так, ширина траси повинна бути не менша 40 м по обидва боки від осі з проходження водоводів по незабудованій території і 10 м - по забудованій. У місцях вимушеного перетинання водопровідної та каналізаційної мережі у населеному пункті водопровідна проектується вище каналізаційної. Відстань між ними по вертикалі - не менше 0,5 м. За паралельного прокладання водопровідних труб на одному рівні з каналізаційними відстань між трубопроводами повинна бути не менше 1,5 м, якщо діаметр водопровідних труб не більше 200 мм і не менше 3 м, якщо діаметр водопровідних труб більше 200 мм. За паралельного прокладання водопровідних труб нижче каналізаційних відстань між стінками трубопроводів у фільтруючих ґрунтах має бути не менша 5 м. Не можна допускати прокладання каналізаційних труб вище водопровідних у тих місцях, де можливі просідання та аварії водопровідних мереж - за високого рівня ґрунтових вод, прокладання мережі по плавунах, у сейсмічних районах та ін.

Вигрібні помийні ями та інші подібні об'єкти, розташовані ближче 20 м від водопровідних ліній, до початку робіт має бути перенесено в інші місця. Призначені для засипання об'єкти треба очистити, дезінфікувати хлорним вапном і засипати чистим ґрунтом.

Обов'язково перевіряється відсутність з'єднань між запроектованим господарсько-питним та існуючим чи запроектованим технічним водопроводом. Деякі тупикові відгалуження допускаються лише за подачі води окремим, далеко розташованим користувачам за діаметра труб 100 мм.

Проектом повинно бути передбачено влаштування випусків на знижених ділянках мережі для її промивки.

Крім металевих труб, для прокладання водопроводів застосовуються труби з поліетилену високої та низької твердості, а також із стабілізованого поліпропілену.

Проект зон санітарної охорони водопроводу. Особливу увагу треба приділяти санітарній експертизі проекту ЗСО. ЗСО водопроводу охоплюють джерела водопостачання, водозабірні споруди й майданчики, на яких розташовані головні споруди (див. розділ 3.2). Усі заходи, передбачені проектом ЗСО, має бути затверджено рішенням органів влади. У рішенні вказуються кошти, які відводяться

на проведення заходів, строки проведення та відповідальні виконавці. Контролюючі функції, як правило, покладаються на СЕС.

У результаті всієї виконаної роботи складається висновки санітарної експертизи, в якому повинні бути: назва проекту і проектної організації, обґрунтування до складання проекту, перелік наданих проектних матеріалів з оцінкою їх повноти та якості, короткий зміст проекту, остаточний висновок.

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, промивають і дезінфікують згідно з відповідними вимогами. Водопровідну мережу випробовують на міцність і герметичність (заповнюють її водою під тиском, який у два рази перевищує величину робочого тиску), а також проводять її попередню промивку хлорною водою, потім чистою. Після чого відбирають 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 виконують 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 затвердженням проектом водопроводу, експертним заключенням щодо проекту СЕС, перевіряє акт робочої комісії, встановлює

відповідність збудованого об'єкта затвердженому проекту і готовність його до експлуатації і за відсутності недоробок і дефектів складає акт прийому до експлуатації всього об'єкта.

7.3. Поточний санітарний нагляд за джерелами і спорудами водопостачання

За централізованого водопостачання санітарна служба проводить 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 очистки 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 чи 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 з поліпшення централізованого водопостачання населених пунктів: використання додаткових джерел

водопостачання, розширення водопровідної мережі, введення чи удосконалення очистки, знезараження, фторування чи 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 чи епізодичної санації споруд місцевого водопостачання: ремонт обладнання, колодязів, їх очистка і хлорування, поліпшення санітарного стану території, яка оточує джерело тощо;

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

здійснення санітарного контролю за водокористуванням в організованих колективах (школи, дитячі садки, польові стани і т.д.);

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 і споруд місцевого 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 і експлуатації споруд місцевого 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 і заплановану кількість і якість води. Основним завданням цього обстеження є виявлення існуючих чи можливих джерел забруднень, оцінка їх санітарної та епідемічної небезпечності, визначення величин забруднення джерела водопостачання, а також обсягу і програми лабораторних досліджень, меж ЗСО тощо.

Річку обстежують головним чином вверх проти течії від місця водозабору. Довжина ділянки для обстеження залежить від витрати води і швидкості течії в річці. Прийнято такі орієнтовні показники: за витрати води у річці до $100 \text{ м}^3/\text{с}$ і швидкості течії до $0,1 \text{ м/с}$ зона обстеження обмежується 40 км вверх проти течії; за тій самої швидкості, але витрати $500 \text{ м}^3/\text{с}$ - 20 км , а за витрати $1000 \text{ м}^3/\text{с}$ - 10 км . Якщо швидкість води в річці становитиме $0,2 \text{ м/с}$, то межі обстеження відповідно зростають до 80 , 40 і 20 км ; за швидкості $0,4 \text{ м/с}$ - 140 , 80 і 40 км відповідно. Межі встановлено з урахуванням процесів самоочищення води. Униз по річці від джерела водопостачання зона обстеження становить 1 км , оскільки можливі нагінні явища.

Усі джерела забруднення, виявлені при санітарно-топографічному обстеженні, наносяться на топографічні карти, ситуаційні плани місцевості з позначенням точних відстаней між джерелами забруднень і місцем водозабору. Дається гігієнічна оцінка джерелам забруднення. Особливо небезпечні джерела забруднень - місця скидання стічних вод промислових підприємств, які містять канцерогенні та радіоактивні речовини, а також місця захоронення цих речовин. До цієї самої групи належать місця зосередження можливого хімічного і бактеріального зараження: поля зрошення та фільтрації, гноєсховища, накопичувачі побутових і промислових стічних вод, тваринницькі комплекси.

При цьому обстеженні на місці визначають температуру води, наявність і ступінь розповсюдження масляної плівки на водній поверхні, орієнтовно - прозорість, колірність, запах, інколи рН. Окремо відбирають пробу для визначення розчиненого кисню. Визначають орієнтовно витрату води у річці.

Формула витрати води (Q , $\text{м}^3/\text{с}$) у гідрології має вигляд

$$Q = V \cdot \omega, \quad (7.4)$$

де V - швидкість води у річці, м/с; ω - площа поперечного перерізу річки, м².

Оскільки визначення ω - достатньо трудомістка робота, то в санітарній практиці рекомендується формула

$$Q = (V \cdot S \cdot h) / 2, \quad (7.5)$$

де S - ширина річки, м; h - максимальна глибина річки, м.

Швидкість річки можна визначити поплавковим методом.

Для постачання води населеним пунктам допускається використання не більше 30 % витрат річки з 95 %-ною забезпеченістю стоку.

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. Проводиться з метою виявлення серед населення бактерієносіїв або осіб, які мають інфекційні захворювання. За наявності захворювань з'ясовують характер спалаху і результати епідеміологічного обстеження. Зіставляють час виникнення захворювань з обставинами, які могли б негативно вплинути на якість води (наприклад, ремонт водопідйомного обладнання, проникнення в колодязь талих вод чи атмосферних опадів тощо).

Санітарно-топографічне обстеження підземних джерел водопостачання. Починають з вивчення матеріалів про геологічну будову місцевості (глибина залягання водоносних горизонтів, характер порід). Особливу увагу звертають на: 1) характер водовмісних порід; 2) ступінь водопроникності шарів, які перекривають водоносний горизонт; 3) розташування басейну живлення водоносного горизонту, який використовується. Слід пам'ятати, що чим більша зернистість порід, тим більшою буде швидкість руху води і тим більшою буде депресійна воронка. А це сприяє проникненню у водоносний горизонт забруднюючих речовин.

Вивчають територію у місці водозабору (свердловина, колодязь) для виявлення існуючих на даний час (існували, плануються) джерел зосередженого забруднення (покинуті свердловини, кар'єри, колодязі, звалища), наносять об'єкт на карту. Відстані, які мають бути між джерелами водопостачання і місцями забруднень, визначаються згідно з відповідними нормативними документами. Експериментальним

способом можна встановити гідравлічний зв'язок між ним застосувавши флюоресцеїн, хлорид натрію. До програми санітарно-топографічного обстеження включають визначення продуктивності джерел водопостачання (дебіту). Місце для будівництва шахтного колодязя краще обрати на підвищенні, не ближче 20 м від джерела забруднення, якщо воно розташоване нижче колодязя; 80 м - якщо вище; 30-40 м - якщо воно убік від колодязя.

Санітарно-технічне обстеження підземних джерел водопостачання. При цьому обстеженні звертають увагу на правильність влаштування та експлуатації. Наприклад, стінки (зруб) шахтного колодязя повинні бути водонепроникними, виступати над поверхнею землі не менше ніж на 0,8м. Навколо колодязя має бути зроблен глиняний "замок" глибиною 2 м і шириною 0,7-1 м, а зверху для стоку поверхневої води - глиняне вимощення в радіусі 2 м з ухилом в колодязя. Колодязь повинен бути закритий, щоб не потрапляли атмосферні опади, огорожений. У колодязі обов'язково має бути загальне відро.

Санітарно-епідеміологічне обстеження підземних джерел водопостачання. Проводять обстеження в основному так, як і для поверхневих джерел водопостачання.

7.4. Дослідження джерел водопостачання та гігієнічна оцінка якості води

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

Для фізико-хімічного аналізу використовують чистий вимитий скляний посуд, який три рази ополіскують досліджуваною водою. Для визначення срібла і фтору пробу води відбирають у поліетиленовий посуд. Посуд для бактеріологічного аналізу повинен бути стерилізованим (1 год за температури 160°C). Проби хлорованої водопровідної

води для бактеріологічного аналізу відбирають у посуд, у який до стерилізації було внесено 10 мл 0,01 моль/л розчину тіосульфату для зв'язування залишкового хлору. Стерилізацію виконують в автоклаві.

При відборі проби з водопровідної мережі, водорозбірної колонки чи свердловини попередньо обпалюють кран за допомогою спиртового факела з ватного тампона, змоченого спиртом. Воду спускають протягом 10 хв і потім беруть пробу у стерильний посуд.

З глибини пробу води відбирають батометром чи за допомогою пляшки, прикріпленої до жердини, з якої на потрібній глибині висмикується пробка за допомогою шнура. При відборі проби для бактеріологічного аналізу батометр і скляну ємкість обпалюють. Пробу має супроводжувати документ, в якому означено місце відбору проби чи її номер. Після цього якомога швидше пробу направляють до лабораторії. У супроводжувальному бланку вказують: 1) назву, розташування і адресу джерела водопостачання; 2) характеристику джерела водопостачання (тип, глибина, засоби підйому води, санітарний стан навколишньої території) чи водопроводу; 3) стан погоди при відборі проби і протягом 10 попередніх днів для відкритих водних об'єктів, крім того, силу і напрям вітру; 4) причину відбору проби води (планове дослідження, контроль після ремонту джерела водопостачання, скарги населення на запах води, спалах кишкових інфекцій і т.д.); 5) необхідний обсяг досліджень (короткий чи повний аналіз, визначення патогенних мікроорганізмів тощо); 6) дату і години відбору проби; 7) дані досліджень, виконаних біля джерела; 8) ким відібрано пробу (прізвище, посада) і підпис.

Починати бактеріологічний аналіз води треба 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, її упаковують в ящик чи корзину з повстяною прокладкою, в якій підтримують температуру 1-5°C за допомогою гумових мішків, наповнених влітку льодом, а взимку теплою водою.

Одразу після доставки в лабораторію проби реєструють в журналі. Цього ж дня у першу чергу виконують бактеріологічні посіви води, готують проби для визначення БСК. Визначення окиснюваності, вмісту амонійного і нітратного азоту, заліза, марганцю і розчиненого кисню бажано проводити протягом 4 год після відбору проби, алюмінію - протягом 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 отримують за консервування води. З цією метою додають 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 чи 1 мл концентрованої сірчаної кислоти. Бактеріологічні посіви, органолептичні дослідження й підготовку проб для визначення БСК виконують обов'язково в день відбору проб, оскільки консервування води не припускається.

Лабораторні дослідження води. Програму досліджень води зумовлено завданням, яке стоїть перед санітарною службою, і може бути виконано за повною чи скороченою схемою. Для вибору джерела централізованого господарсько-питного водопостачання дослідження води виконують за схемою повного санітарного аналізу, яка включає показники, наведені у додатках 3 і 4 до стандарту 2761-84.

Оцінка якості ґрунтових вод, яка виконується за схемою скороченого санітарного аналізу, здійснюється за результатами досліджень: 1) органолептичних - запах і смак, колірність, прозорість, каламутність, осад, плівка; 2) хімічних - окиснюваність, вміст амонійного, нітритного і нітратного азоту, загальна і карбонатна твердість, лужність, наявність хлор-іона, загального заліза; 3) бактеріологічних - мікробне число і коли-індекс.

Водопровідна вода з колонок і водопровідних кранів, яка відбирається для санітарного контролю, досліджується на каламутність, колірність, смак, присмак, запах, мікробне число та коли-індекс. За незадовільних результатів аналізу з цієї самої точки відбирають повторну пробу і додатково визначають санітарно-хімічні показники забрудненості води.

Для складання заключення про відповідність води вимогам стандарту 2874-82 "Вода питна. Гігієнічні вимоги і контроль за якістю" дослідження проводять за наведеними у ньому показниками. Для оцінки ефективності освітлення і усунення колірності води визначають її каламутність, прозорість, колірність, 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, колірність, каламутність, колітитр чи колі-індекс і мікробне число. Якщо труби виготовлено з синтетичних матеріалів, визначають речовини, які можуть потрапити у воду з труб.

Якщо виявлено забруднення води у водопровідній мережі, то необхідно провести повторний відбір проб з додатковими дослідженнями води на свіже фекальне забруднення. Його встановлюють 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 визначають 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, безколірною, 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 II, 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) колірність за платинокобальтовою шкалою, град; 4) прозорість за шкалою Снелена, см; 5) каламутність за стандартною

шкалою, мг/л; 6) колірність 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, чи 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.

Гігієнічне значення органолептичних показників води. Вода за температури 8-15°C має найкращі освіжаючі властивості. З підвищенням температури (понад 25°C) ці властивості погіршуються, за 25-35°C вода стає неприємною і викликає блювотний рефлекс. Тому за міжнародним стандартом температура питної води не повинна перевищувати 25°C. Вимірюється одразу ж при взятті проби води.

Прозорою воду вважають, якщо через її шар в 30 см чітко читається шриффт Снелена. Таку прозорість повинна мати водопровідна вода. За прозорості менше 30 см водокористування обмежується. Зменшення прозорості природних вод свідчить про їх забруднення, вона також є показником ефективності процесу освітлення води на очисних спорудах.

Каламутність - природна властивість води, зумовлена наявністю в ній завислих часток мінерального чи органічного походження. Каламутність води 1,5 мг/л відповідає прозорості 30 см. У паводковий період допускається збільшення каламутності до 2 мг/л. І гігієнічне нормування каламутності зумовлено тим самим, що й прозорості.

Осад після відстоювання 1 год (для поверхневих вод) і 1 добу (для підземних вод) оцінюють кількісно (немає, незначний, помітний, великий) і якісно (ішчанний, глинистий, мулистий, кристалічний). Визначають також колір осаду. Гігієнічне нормування осаду зумовлено тим самим, що й прозорості.

Колірність - також природна властивість води, зумовлена наявністю гумінових речовин, які надають їй забарвлення від жовтуватого до коричневого. Вона різко збільшується у паводковий

період. Вода практично безколірна за 20°C шкали (вода водопроводу). Може бути дозволено використання води колірністю до 35° шкали. За колірності вище 35° шкали водокористування обмежується. Її збільшення чи зменшення свідчать про забруднення води. Крім того, колірність є показником ефективності усунення кольору води на водопровідних спорудах.

Інтенсивність *запаху і присмаків* визначають за п'ятибальною шкалою: 0 - не відчувається; 1 - не визначається користувачем, але виявляється досвідченим дослідником; 2 - слабкий, виявляється користувачем у тому разі, якщо на нього вказати; 3 - помітний, виявляється користувачем і викликає його несхвалення; 4 - чіткий, який привертає до себе увагу і робить воду не придатною для пиття; 5 - дуже сильний, робить воду не придатною для пиття.

Природні запахи описують, дотримуючись такої термінології (табл. 7.1). Як правило, чисті природні води запахів не мають. На практиці водою без запахів називають воду з інтенсивністю запаху не вище 2 балів.

Таблиця 7.1. Шкала оцінки запахів

Символ	Характер запаху	Приблизний рід запаху
А	Ароматичний	Огірковий, квітковий
Б	Болотний	Мулистий
Г	Гнильний	Фекальний, стічний
Д	Деревний	Мокрої стружки, кори
З	Землистий	Прілий, свіжозораної землі
П	Пліснявий	Затхлий, застійний
Р	Рибний	Риб'ячого жиру, рибний
С	Сірководневий	Тухлих яєць
Т	Трав'яний	Скошеної трави, сіна
Н	Непевний	Природного походження, який не підходить під попередні визначення

Визначення смаку і присмаку роблять за 20°C у воді, про безпечність якої відомо наперед. Воду набирають у рот малими порціями, не ковтаючи. Відзначають наявність смаку (солоний, гіркий, кислий, солодкий) чи присмаку (лужний, залізистий, металевий, в'язучий і т.д.) та їх інтенсивність у балах за шкалою аналогічно тому, як це роблять для визначення інтенсивності запаху.

Гігієнічне значення запахів і присмаків води полягає в тому, що їх інтенсивність вище 2 балів обмежує водопостачання. Штучні запахи

й присмаки можуть бути показниками забруднення води промисловими стічними водами. Природні запахи й присмаки інтенсивністю понад 2 бали свідчать про наявність у воді біологічно активних речовин, які виділяють синьозелені водорості.

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 присутністю 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, ГДК яких наведено у СанПіН 42-121-4130-86 "Санітарні норми гранично-допустимого вмісту шкідливих речовин у воді водних об'єктів господарсько-питного і культурно-побутового водокористування".

Гігієнічне значення деяких з показників нешкідливості хімічного складу води. Сухий (твердий) залишок - кількість розчинених речовин у міліграмах в 1 л води. У зв'язку з тим, що маса органічних речовин у сухому залишку, як правило, не перевищує 10-15 %, сухий залишок дає уявлення про ступінь мінералізації води. Мінеральний склад води на 85 % і більше зумовлено катіонами Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ і аніонами HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , 15% припадає на мікроелементи. У санітарно-гігієнічній практиці воду з сухим залишком до 1000 мг/л називають прісною, понад 1000 мг/л - мінералізованою. І гігієнічне значення показника полягає в тому, що води, які містять надлишок мінеральних солей, не є придатними для пиття, оскільки мають солоний чи гірко-солоний присмак, а їх споживання залежно від складу солей призводить до різних фізіологічних відхилень в організмі: сприяє перегріву в жарку погоду, веде до порушення почуття задоволення спраги, збільшення гідрофільності тканин, зміни секреції шлунка, посиленню його моторної функції тощо. З іншого боку, слабко мінералізована вода з твердим залишком менше 50-100 мг/л є неприємною на смак, тривале її споживання може призвести до деяких фізіологічних змін в організмі

(зменшення вмісту хлоридів у тканинах та ін.). Така вода, як правило, містить мало фтору та інших мікроелементів.

Воду із залишком до 50-100 мг/л вважають слабо мінералізованою, 100-300 мг/л - задовільно мінералізованою, 300-500 мг/л - оптимальної мінералізації, 500-1000 мг/л - підвищено мінералізованою.

Твердість є загальна, карбонатна, постійна і та, яку можна усунути.

Загальну твердість зумовлено наявністю всіх солей кальцію та магнію у сирій воді; *карбонатну* - наявністю гідрокарбонатних і карбонатних солей кальцію і магнію у сирій воді. *Постійна твердість* - це твердість кип'яченої води; *твердість, яку можна усунути* - та частина загальної твердості, яку можна усунути кип'ятінням води (залишиться постійна твердість).

Воду із загальною твердістю до 3,5 ммоль/л називають м'якою, від 3,5 до 7 ммоль/л - середньої твердості, від 7 до 10 ммоль/л - твердою, понад 10 ммоль/л - дуже твердою.

Різкий перехід від споживання м'якої води до твердої (чи навпаки) може викликати у людини диспепсичні явища (порушення травлення). Протікання нирково-кам'яної хвороби погіршується за твердості води понад 10 ммоль/л. Солі твердості порушують всмоктування жирів у кишечнику в результаті утворення кальцієво-магnezіальних нерозчинних мил при омиленні жирів. Тверді води сприяють появі дерматитів. Виникнення їх зумовлено тим, що кальцієво-магnezіальні мила мають подразнювальну дію. За підвищеного надходження в організм кальцію з питною водою на фоні йодної недостатності частіше виникає зобна хвороба.

Для питних цілей надають перевагу воді середньої твердості (до 7 ммоль/л), для господарських і промислових цілей - м'якій воді. Із збільшенням твердості погіршується якість приготування м'яса і бобових, погано настоюється чай, збільшується витрачання мила, волосся після миття стає жорстким, шкіра грубою, тканини втрачають м'якість і еластичність, збільшується шар накипу на котлах.

Особливо небажаний високий вміст магнію, оскільки його сульфати порушують процеси всмоктування і моторну діяльність кишечника.

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 чи продуктів розпаду: окиснюваність перманганатна, окиснюваність біхроматна (ідентична хімічному споживанню кисню - ХСК), група азоту (азот амонійний, нітритний, нітратний), хлориди, БСК і розчинений кисень.

Значення показників, які характеризують епідемічну безпечність води повинні відповідати стандарту 2874-82 "Вода питна". Характеристику санітарно-мікробіологічних показників наведено у розділі 5.1

Гігієнічна оцінка якості води (або, як говорять 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.

Розрізняють три типи вимог до якості води: I тип - до якості водопровідної води за централізованого водопостачання (стандарт 2874-82 "Вода питна. Гігієнічні вимоги і контроль за якістю"); II тип - до якості питної води місцевих джерел водопостачання ("Санітарні правила по обладнанню і утриманню колодязів і каптажів джерел, які використовуються для децентралізованого господарсько-питного водопостачання"); III тип - до якості води джерел централізованого господарсько-питного водопостачання (стандарт 2761-84 "Джерела централізованого господарсько-питного водопостачання. І гігієнічні, технічні вимоги і правила вибору"). У III типі виділяють три класи або підтипи для поверхневих джерел водопостачання і три - для підземних (табл. 7.2).

За класифікації *підземних джерел водопостачання* до I-го класу відносяться такі, вода яких за всіма показниками відповідає вимогам стандарту 2874-82 "Вода питна" і може одразу використовуватися населенням. До 2-го класу - такі, вода яких має деякі відхилення від вимог стандарту на питну воду, що можуть бути усунуті аеруванням, фільтруванням, знезараженням. Якість води у джерелах 3-го класу

дещо нижча, ніж у джерелах 2-го класу. Для усунення відхилень від стандарту необхідні більш складні прийоми обробки (застосування аерації, окиснення, коагуляції та ін.).

Таблиця 7.2. Органолептичні показники якості води згідно з типами вимог (I - III)

Показник	I	II	III					
			Підземні води			Поверхні води		
			1	2	3	1	2	3
Запах за температури 20 і 60°C, бали	2	2	2	2	2	2	3	4
						Природне походження		
Присмаки, бали	2	2	2	2	2	2	3	4
Каламутність, мг/л	1,5*	1,5	1,5	1,5	10	20	1500	10000
Колірність, град	20**	20	20	20	50	35	120	200
Сірководень, мг/л	—	—	—	3	10	—	—	—
Забарвлення	Відсутність у стовпчику 20 см					Багато домішок		
Зовнішній вигляд	Не містяться видимі неозброєним оком домішки							
Температура	8-25	8-20	8-12	8-12	8-12	8-25	8-25	8-25

* У паводковий період допускається збільшення каламутності води до 2 мг/л. ** За погодженням з органами санепідемслужби допускається збільшення колірності до 35 град. шкали.

Аналогічний принцип лежить в основі класифікації *поверхневих джерел водопостачання*. До 1-го класу відносяться джерела з якістю води, яку може бути доведено до вимог стандарту шляхом фільтрації без коагуляції або із застосуванням малих доз коагулянту, знезараження. До 2-го класу належать джерела водопостачання з дещо гіршою якістю, яку може бути доведено до вимог стандарту шляхом застосування традиційних методів обробки води: коагулювання з наступним відстоюванням, фільтрування, контактне освітлювання, знезараження; для усунення мікропланктону - мікрофільтрування. До 3-го класу віднесено джерела водопостачання, якість води яких не може бути доведена до вимог стандарту питної води за допомогою традиційних схем і методів очистки, а вимагає додаткової обробки (додаткові ступені відстоювання, застосування окисників, сорбентів і т.ін.).

Клас джерел водопостачання визначається проектною організацією. Показники якості води у паводковий період не повинні впливати

на загальну оцінку джерела, але вони враховуються при виборі схем очистки води.

При написанні заключення необхідно керуватися вимогами до якості питної води і змін складу природних вод, які наведено у табл. 7.2-7.5.

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.

Заклучення 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. Заклучення зберігає свою силу протягом року, можливість використання його повинна щорічно підтверджуватися. Для прикладу наведемо зразок заключення щодо якості води місцевого джерела водопостачання, вміщений у роботі Є.І.Гончарука та ін. (1990).

Приклад заключення. Дані санітарного обстеження джерела водопостачання: пробу води відібрано з шахтного колодязя, розміщеного на території індивідуальної житлової забудови. На відстані 20 м від колодязя вище за рельєфом знаходиться вбиральня з проникним вигребом. Глибина вигребу 1,2 м. Ґрунт на ділянці - дрібнозернистий пісок. Глибина колодязя 3 м, рівень води у колодязі знаходиться на відстані 2 м від поверхні землі. Шахту колодязя закріплено бетонними кільцями, навколо колодязя влаштовано глиняний "замок" і вимощення. Водопідйом здійснюється за допомогою ворота, є загальне відро, навіс і дах. Санация колодязя проводиться регулярно один-два рази на рік.

Населення, яке користується водою колодязя, до якості води претензій не висуває. Випадків кишкових інфекцій, які мають водний фактор передачі, не зареєстровано.

Дані санітарно-топографічного, санітарно-технічного і санітарно-епідеміологічного обстеження колодязя дозволяють зробити висновок, що вода у джерелі водопостачання може забруднюватися внаслідок надходження фільтрату нечистот у ґрунтові води. Цьому сприяє

рельєф місцевості, висока фільтруюча здатність ґрунтів і близьке розташування вбиральні. Таким чином, незважаючи на правильне санітарно-технічне обладнання колодязя, вода в ньому не може бути епідемічно безпечною.

Таблиця 7.3. Допустимий вміст токсичних речовин, які додаються до води у вигляді реагентів у процесі її обробки, а також шкідливих речовин, які надходять із стічними водами

Показник	Допустимий вміст, мг/л
Алюміній	0,5
Поліакриламід	2,0
Флокулянт ВА-102	2,0
— ВА-212	2,0
— ВА-2	0,5
— ВА-2Т	0,5
Срібло (Ag^{2+})	0,05
Фтор	0,7–1,5
Залишковий хлор	0,3–0,5
Шкідливі речовини	ГДК (з СанПіН 4630-88)

Таблиця 7.4. Показники, які характеризують епідемічну безпеку води за типами вимог (I –III)

Показник	I	II	III					
			Підземні води			Поверхневі води		
			1	2	3	1	2	3
Санітарно-мікробіологічні								
Кількість сапрофітних мікроорганізмів у 1 мл води	100	200-400	100	100	100		1000-2000	
Кількість бактерій групи кишкової палички (БГКП) в 1 л води	3	10	3	100	100	-	-	-
Кількість лактозопозитивних кишкових полічок (ЛКП) в 1 л води	-	-	-	-	-	1000	10000	50000
Кількість збудників кишкових інфекцій (сальмонели, шигели, ентеровіруси) в 1 л води	0	0	0	0	0	0	0	Присутність сальмонел допускається у 10% проб
Кількість E.coli в 1 л води	-	-	-	10	10	1000	1000	1000

Показник	I	II	III					
			Підземні води			Поверхневі води		
			1	2	3	1	2	3
Кількість ентерококів в 1 л. води	-	-	-	10	10	500	500	500
Кількість колифагів в 1 л води	-	-	-	100	100	1000	1000	1000
<i>Санітарнохімічні</i>								
Перманганатна окиснюваність, мгО/л	3-4	4-5	2	5	15	7	15	20
Амонійні солі, мг/л	0,01-0,1	0,01-0,1	0,01-0,1	0,01-0,1	0,01-0,1	0,01-0,1	0,01-0,1	0,01-0,1
Азот нітритів, мг/л	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Азот нітратів, мг/л	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Розчинений кисень, мг/л (не менше)	-	-	-	-	-	4	4	4
БСК ₂₀ , мгО ₂ /л	-	-	-	-	-	3	5	7

Таблиця 7.5. Показники, які характеризують шкідливість води за природним хімічним складом згідно з типами вимог (I-III)

Показник	I	II	III					
			Підземні води			Поверхневі води		
			1	2	3	1	2	3
Сухий залишок, мг/л	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
pH	(1500)* 6,5-9	(1500) 6-9	(1500) 6-9	(1500) 6-9	(1500) 6-9	(1500) 6,5-8,5	(1500) 6,5-8,5	(1500) 6,5-8,5
Твердість, ммоль/л	7 (10)	7 (10)	7 (10)	7 (10)	7 (10)	7 (10)	7 (10)	7 (10)
Хлориди, мг/л	350	350	350	350	350	350	350	350
Залізо, мг/л	0,3	0,3	0,3	10	20	1	3	5
Сульфати, мг/л	500	500	500	500	500	500	500	500
Нітрати, мг/л	45	45	45	45	45	45	45	45

Показник	I	II	III					
			Підземні води			Поверхневі води		
			1	2	3	1	2	3
Фтор (F), мг/л	1,5** 0,7	1,5- 0,7	1,5- 0,7	1,5- 0,7	5	0,1-0,5	0,1- 0,5	0,1-0,5
Йод (I), мг/л	40-50	5-50	40-50	40-50	40-50	1-10	1-10	1-10
Цинк (Zn^{2+}), мг/л	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	1,0***	1,0	1,0
Молибден (Mo^{2+}), мг/л	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5
Арсен (As^{3+}), мг/л	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Селен (Se^{6+}), мг/л	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Свинець (Pb^{2+}), мг/л	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,1	0,01	0,01
Стронцій (Sr^{2+}), мг/л	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0

* У дужках наведено гранично-допустимі значення.

** Вміст залежно від кліматичних районів.

*** Наведено ГДК у воді водних об'єктів господарсько-питного і культурно-побутового водокористування.

Дані лабораторного дослідження води колодязя:

- Прозорість 30 см
- Колірність 35°
- Запахи непевні 2 бали
- Присмаки невизначено 2 бали
- У воді не містяться видимі неозброєним оком водні організми, відсутній осад і плаваючі домішки
- Сухий залишок 550 мг/л
- Твердість загальна 6 ммоль/л
- Залізо загальне 0,2 мг/л
- Хлориди 170 мг/л
- Окиснюваність 9,5 мгО/л
- Азот амонійний 0,35 мг/л
- Азот нітритний 0,22 мг/л
- Азот нітратний 0,5 мг/л
- Мікробне число 200
- Колі-індекс 100

Аналіз групи показників, які характеризують органолептичні властивості води, свідчить про те, що вода колодязя придатна для господарсько-питних потреб за органолептичними показниками. Аналіз групи показників, які характеризують нешкідливість води за хімічним складом, свідчить про те, що вода не може несприятливо впливати на організм людини. Показники цієї групи дозволяють зробити висновок, що вода оптимальної мінералізації, помірно тверда, з вмістом хлоридів і заліза, які не перевищують ГДК. Вміст нітратів і нітритів є значно нижчим гранично-можливої токсичної дії.

Аналіз групи показників, які характеризують безпечність води в епідемічному відношенні, дозволяє зробити висновок, що, незважаючи на дещо підвищену окиснюваність води і наявність амонійного та нітратного азоту, вода є безпечною в епідемічному відношенні. Про це свідчить відносно низьке мікробне число (200) як для води шахтних колодязів, відносно невеликий колі-титр (100). Цей висновок підтверджується даними епідеміологічного обстеження. Мабуть, гідравлічний зв'язок між вигребом і колодязем у даний час відсутній. Але наявність проникливого вигребу, розташованого уверх проти течії ґрунтових вод, не виключає можливості забруднення води у колодязі. Тому подальше використання води колодязя для господарсько-питних потреб можливе за організації постійного знезараження її та ліквідації джерела забруднення.

Загальне заключення. Вода добра за органолептичними властивостями. Безпечна за хімічними та епідемічними показниками. Наявність поблизу колодязя зосередженого джерела забруднення робить воду потенційно небезпечною в епідемічному відношенні і вимагає підвищеного санітарного контролю і постійного знезараження води в колодязі.

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

8. СТИЧНІ ВОДИ ТА МЕТОДИ ЇХ ОЧИСТКИ

8.1. Міські стічні води

Міські стічні води - це суміш господарсько-побутових, промислових, зливових (дощових, снігових) вод, а також стічної води від поливання і миття міських територій, що надходять у міську каналізацію.

Зливові води - найменш забруднена частина міських стічних вод, яка утворюється під час злив, дощів і танення снігу та містить забруднюючі речовини, що змиваються з території населеного пункту. Переважаючими домішками є неорганічні речовини - пісок, глина тощо. Патогенні мікроби в зливових водах, як правило, не зустрічаються, але за інтенсивністю забруднення злизові води інколи близькі до господарсько-побутових стічних вод.

Господарсько-побутові води - це води, які відводяться від житлових будинків, лазень, пралень, їдалень та інших об'єктів комунального господарства. Вони забруднені великою кількістю органічних і неорганічних домішок, бактеріальними компонентами, у них постійно присутні патогенні бактерії.

Порівняно з водами, які відводяться від житлових будинків, стічні води лазень і пральних комбінатів мають більш високу величину рН, меншу концентрацію всіх інших хімічних і бактеріальних компонентів, що все ж не виключає їх небезпечності в санітарно-епідемічному відношенні.

Так, відомо, що кожна людина під час купання вносить у воду в середньому більше 3 млрд бактерій-метатрофів і близько 20 млн кишкових паличок. Крім того, температура вод пральних комбінатів значно вища, тому патогенні мікроби, потрапляючи в них, зустрічають умови, близькі до термостатних. Із стічних вод лазень неодноразово виділяли патогенні мікроби - збудники дизентерії, черевного тифу тощо.

Промислові стічні води - це води, які утворюються від технологічних операцій на промислових підприємствах. Більш широке поняття "виробничі стічні води" - це води, які утворюються в процесі виробництва і включають промислові та сільськогосподарські стічні води.

Залежно від ступеня забруднення промислові стічні води скидаються без очистки чи після очистки у водойми або ж міську

каналізацію. В останньому випадку вони стають компонентом міських стічних вод, наявність якого треба враховувати при очистці.

Склад промислових стічних вод відрізняється надзвичайною різноманітністю. Так, в одних випадках у цих водах домінують тільки неорганічні домішки, в інших - органічні. Вони можуть містити компоненти, які сприяють розвитку бактерій і мікробів чи, навпаки, пригнічують їх життєдіяльність. У деяких виробничих ставках виявляються речовини, токсичні для людського організму.

За випускання промислових стічних вод безпосередньо у водойми завжди слід мати на увазі можливий вплив цих вод на процес бактеріальної самоочистки від органічних домішок. З цього погляду особливу увагу треба приділяти стічним водам підприємств, які виробляють різні антибіотичні речовини. Виявлено, наприклад, що стічні води, в яких є пеніцилін, впливають стимулююче на ряд водоростей - зростає кількість клітин, посилюється фотосинтез. У той самий час стічні води, які містять біоміцин, пригнічують життєдіяльність водоростей, знижується інтенсивність фотосинтезу, зменшується кількість клітин. На процес самоочистки значний вплив справляють токсичні речовини.

Як відзначалося раніше, використовують два способи каналізації стічних вод. Перший - у міську каналізаційну мережу скидаються господарсько-побутові та промислові стічні води, спуск яких допускається в міську каналізацію, а зливові води збираються окремо і без очистки направляються в найближчу водойму. Ця система каналізації носить назву *роздільної*. Другий - у міську каналізаційну мережу скидаються стічні води всіх видів. Ця система називається *загальносплавною* і з санітарно-епідемічних позицій має більш високий рівень, оскільки всі стічні води надходять на очисні споруди і є відсутнім скидання зливових вод без очистки у водойми.

За кількістю забруднюючих речовин промислові стічні води поділяються на три основні групи:

- 1) відносно чисті води;
- 2) малозабруднені води;
- 3) брудні води.

На більшості підприємств зустрічаються усі типи стічних вод. Відносно чисті та малозабруднені води використовуються як оборотна вода, а також для розведення брудних вод за невеликої концентрації

забруднюючих речовин у них. Брудні води, як правило, очищаються перед спуском їх у водойми чи міську каналізаційну мережу.

Промислові стічні води навіть одного підприємства відрізняються великою різноманітністю забруднюючих домішок. За складом забруднюючих речовин їх раціонально звести до трьох категорій: перша охоплює стічні води із забруднюючими речовинами в основному мінерального походження; друга - стічні води із забруднюючими речовинами переважно органічного походження; третя - із забруднюючими речовинами мінерального і органічного походження. Домішки стічних вод можуть бути рідкими, твердими й газоподібними речовинами і перебувати у розчиненому, завислому й колоїдному стані.

Багато речовин, які забруднюють стічні води, самі по собі є цінними продуктами (фенол, жири, бензин, волокно, вовна тощо). Вилучення та утилізація таких домішок призводить до зменшення ступеня забруднення стічних вод, що полегшує і робить дешевшим подальшу очистку. У зв'язку з цим методи очистки промислових стічних вод може бути розділено на деструктивні та регенеративні. Деструктивні передбачають руйнування домішок чи зменшення їх концентрації, а регенеративні - мають за мету виділення із стічних вод домішок для використання їх як сировини чи напівфабрикату. Застосуванням регенеративного методу звичайно не досягається відповідна ступінь очистки, тому стічні води в цьому разі ще доочищаються деструктивно.

Недостатня очистка стічних вод нерідко призводить до утворення шламу, який негативно впливає на життя водойм. Нерозчинні речовини стічної рідини можуть викликати утворення донних відкладів. Якщо речовини, що осідають, мають органічне походження, то виділення газів при розкладанні мулу викликає часткове чи повне вилучення кисню, необхідного для процесів самоочистки, що може викликати загибель риб. Крім того, деякі органічні речовини сприяють появі та розвитку у водоймах різних грибів, що знижує якість води.

Тверді відходи - ще один вид міських відходів, які інколи можуть усуватися загальносплавним шляхом. Тверді відходи - це сміття, відходи підприємств громадського харчування, торговельних підприємств, вміст контейнерів для сміття.

У даний час вилучення міського сміття відбувається таким чином:
1) сплав сміття у каналізацію; цей метод рідко використовується, він

грунтується на подрібненні сміття на спеціальних установках, після чого воно може скидатися у міський колектор; 2) вивіз твердих відходів (сміття) / місця їх знезараження та утилізації; 3) знезараження твердих відходів на місці у біотермічних камерах.

Зараз у більшості міст використовується тільки другий метод - вивіз твердих відходів за міську смугу, хоча із санітарно-епідеміологічного погляду він мало прийнятний. При виборі способу знезараження відходів слід враховувати, що патогенні мікроби, які знаходяться в смітті харчових відходів, можуть жити досить довго (табл. 8.1).

Таблиця 8.1. Термін виживання збудників деяких захворювань у відходах

Збудники	Характер відходів	Термін виживання
Холери	Фекалії	20 днів - 7 місяців
Черевного тифу	Вигрібні ями	7 - 15 днів
	Фекалії	30 - 100 днів
	Вигрібні ями	30 - 150 днів
	Кімнатне сміття	42 дні
Паратифів	Кімнатне сміття	107 днів
Дизентерії	Кімнатне сміття	24 дні
Туберкульозу	Мокрота	4 - 6,5 місяці

8.2. Фактори, які впливають на склад міських стічних вод, їх аналіз

Міські стічні води характеризуються різноманітним і несталим складом. Стічні води одного населеного пункту часто не схожі на стічні води іншого. *Фактори, які впливають на склад міських стічних вод, розглянемо нижче.*

Водопровідна вода. Водопровідна вода населеного пункту - це фон стічних вод, який до певної міри визначає не тільки якість міських стічних вод, але й їх подальшу очистку. Це зумовлено рядом причин і перш за все кількістю водопровідної води, яка подається населенню. Від кількості цієї води залежить концентрація тих забруднюючих речовин, які скидаються у міську каналізацію. Чим значнішим є об'єм води, тим меншою є концентрація органічних забруднюючих речовин і тим легше протікають біохімічні процеси при їх розкладанні. У той

самий час більший об'єм стічних вод вимагає відповідного збільшення потужності очисних споруд.

Температура. На температуру міських стічних вод, від якої також залежить інтенсивність біохімічних процесів, помітний вплив справляє температура водопровідної води. Остання залежить не тільки від кліматичних умов, пори року, але і від виду джерела водопостачання (відкрита водойма, підземні води).

Розчинений кисень. Чим вища концентрація кисню у водопровідній воді, тим інтенсивніший розпад органічних речовин у міських стічних водах. Цей процес починається ще в міському колекторі, що дещо полегшує роботу станцій інтенсивної біоочистки. У даному випадку велике значення має також характер джерела водопостачання. Так, поверхневі води звичайно містять у тій чи іншій мірі кисень, а в підземних водах він практично відсутній.

Вміст NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{2-} . Ці солі в анаеробних умовах відновлюються під дією відповідних мікробів: $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NH}_4^+$, а $\text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{S}$. Вивільняється кисень, який позитивно впливає на окисно-відновний потенціал стічних вод.

Технічна вода. Деякі промислові підприємства, які мають вихід у міську каналізацію, часто використовують для виробничих цілей не воду з міського водопроводу, а технічну воду. Вона є очищеною лише до тієї міри, яка є необхідною для потреб виробничого процесу. Якщо стічні води підприємств скидаються у міську каналізацію, то якість технічної води впливає на склад міських стічних вод і на процеси їх очистки.

Довжина міського колектора теж впливає на склад стічних вод і подальші процеси очистки. Міський колектор - це своєрідна очисна споруда. Стічна рідина, протікаючи по ньому, змішується, ступінь дисперсності її домішок збільшується, ряд органічних речовин гідролізується тощо. Тому, чим довшим є колектор, тим ефективнішою є ця початкова стадія очистки міських стічних вод. У тих випадках, коли довжина каналізації є мінімальною - близько десятків чи сотень метрів (сільська), виникають додаткові труднощі через те, що окремі компоненти рідини не диспергують, а органічні речовини не проходять навіть і початкової стадії гідролізу.

Склад промислових стічних вод. Зараз у деяких промислових центрах більшу частину стічних вод міського колектора становлять

промислові стічні води. Природно, що вони суттєво впливають на склад міських стічних вод, ефективність очистки яких значною мірою залежить від наявності в промислових стічних водах інгібуючих речовин (речовин, які порушують життєдіяльність мікробів).

Харчовий раціон населення. Динаміка життя міста, чисельність його населення, народжуваність, смертність, характер харчування, побут - усе це знаходить своє відображення у складі міських стічних вод.

Дослідження показали, що в середньому за добу людина виділяє 90 г твердих і 1200 г рідких відходів. Ця кількість відходів потім розводиться водопровідною водою, яку людина використовує для різних потреб. Питома величина використання води змінюється у великих межах: від декількох десятків літрів у невеликих населених пунктах до майже тисячі літрів у великих містах. Тому дані аналізу господарсько-побутових вод різних населених пунктів різко відрізняються. Якщо помножити концентрацію певної речовини, яку визначили у господарсько-побутових стічних водах, на об'єм водокористування, то отримаємо кількість речовини, яку виділяє за добу одна людина.

П р и к л а д. Нехай концентрація фосфору в стічних водах 20 мг/л, одна людина використовує 100 л води на добу.

$20 \text{ мг/л} \cdot 100 \text{ л} = 2 \text{ г}$ виділяє один мешканець міста за добу.

Основні завдання аналізу міських стічних вод такі:

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

На відміну від аналізу питної води при дослідженні стічних вод основна увага приділяється не окремим компонентам, а груповим, які характеризують ступінь розкладання органічних речовин.

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

Цей процес організовано таким чином. Визначається ступінь бактеріального забруднення протягом кожної години, доби; потім розраховується середньодобова концентрація мікробів; після цього підбирається такий час доби, коли бактеріальне забруднення приблизно відповідає величині середньодобової кількості мікробів. У подальшому бактеріальний аналіз завжди виконують у цю саму годину, виходячи з того, що отримані показники будуть приблизно відповідати середньому бактеріальному забрудненню досліджуваної стічної рідини.

Радіоактивні домішки міських стічних вод доцільно визначити не тільки в середньодобовій пробі, але й епізодично у разових і погодинних пробах. Крім того, існують радіоактивні ізотопи з коротким періодом розпаду, які хоча і не є небезпечними для водойм, але можуть викликати епізодичне опромінення персоналу, який працює на очисних спорудах.

Аналітичні дослідження може бути умовно поділено на такі види аналізів:

фізичний та фізико-хімічний - температура, органолептичні показники, осад, завислі речовини, колоїдно-розчинні, сухий залишок, рН;

хімічний - окиснюваність, біохімічне споживання кисню (БСК), сполуки азоту, сірководень, хлориди, фосфати;

бактеріальний - загальна кількість бактерій-метатрофів характеризує наявність бактерій гниття; при вирощуванні їх за $t = +37^{\circ}\text{C}$ це величина мікрофлори гниття у кишечнику людини; за $t = +20^{\circ}\text{C}$ - це мікрофлора гниття, яка розкладає речовини в природних умовах. Концентрація мікробів групи кишкової палички - важливіший бактеріальний показник, який характеризує санітарну небезпечність води. Відмирання мікробів групи кишкової палички на окремих етапах очистки стічних вод свідчить про відмирання патогенних мікробів,

які є менш стійкими до умов зовнішнього середовища, ніж бактерії кишкової палички;

радіометричний - за звичайних умов та відсутності аварій радіоактивність міських стічних вод не перевищує величину, яку встановлено санітарними правилами. При цьому слід мати на увазі, що сумарна радіоактивність господарсько-побутових стічних вод (навіть без будь-яких домішок промислових стічних вод) звичайно перевищує радіоактивність питних вод за рахунок ^{40}K , який виділяється людським організмом з фекаліями і сечовиною.

Мінливість складу стічних вод. Побутовий устрій міста також може бути встановлено за коливаннями концентрацій таких показників, як окиснюваність, присутність хлоридів, азоту амонійних солей тощо. Звичайно у містах протягом доби виділяються три найбільш значні піки концентрацій: уранішній (перед роботою); денний (відповідає обідній перерві); вечірній (коли люди готуються до сну). При цьому уранішній пік є гострим, оскільки він короткочасний, денний також є дещо загостреним, а вечірній - розтягнутим.

Майже у всіх містах сумарна добова концентрація основних компонентів стічних вод у будні дні є звичайно більшою, ніж у вихідні.

Якщо розглядати піки протягом року, то взимку концентрації більші, оскільки величина використання води менша, ніж влітку, тому менше розведення.

Для попередження й усунення забруднення стічними водами водних об'єктів Міністерством охорони здоров'я затверджено загальні вимоги до складу і властивостей води водойм, які використовуються для різних цілей. Дотримання цих вимог, які викладено в "Правилах охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами", може бути гарантовано шляхом використання різних технологічних і санітарно-технічних заходів: утилізації стічних вод промислових підприємств, повторного їх використання на самому підприємстві, витучення цінних речовин із стічних вод перед спуском їх у водойми тощо.

Основними методами обробки промислових стічних вод є: усереднення концентрації, механічні методи (затримання нерозчинних великих часток на ситах, ґратах, фільтрах, відстоювання), фізико-хімічні методи (кристалізація, випарювання, евапорація, екстракція, іонний обмін, сорбція, аерація), хімічні методи (нейтралізація, коагуляція) та біологічні методи.

8.3. Механічні методи очистки

Стічні води нерідко можуть різко відрізнятися за своїм складом, кількістю й температурою. У ряді випадків великі концентрації забруднюючих речовин стічних вод виявляються токсичними для водойми чи руйнують труби каналізації. У той самий час малі концентрації цих забруднюючих речовин є не шкідливими для водойм і безпечними для каналізаційної мережі.

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

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

Усереднення стічних вод у резервуарах-усереднювачах (звичайно невеликі ємкості) 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 ємкості та розміри усереднювачів визначаються на основі даних про коливання концентрації забруднюючих речовин у стічних водах і потрібного ступеня концентрації. У разі достатньої циклічності зміни складу стічних вод розрахунки значно спрощуються. Середня концентрація стічних вод визначається за формулою, мг/л:

$$C_{\text{ср}} = (g_1 C_1 + g_2 C_2 + \dots + g_n C_n) / Q, \quad (8.1)$$

де g_1, g_2, g_n - погодинні витрати в межах одного циклу, м³/с; C_1, C_2, C_n - концентрації забруднюючих речовин у погодинних витратах стічних вод, мг/л; Q - витрата стічних вод за цикл, м³/с.

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

Грати, піскоуловлювачі, сита. Ці споруди забезпечують попередню очистку стічних вод. Грати 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 гравій 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. Роль цих зводиться до відокремлення на місці утворення стічних вод дрібних завислих речовин, які можуть бути повторно використані та вилучені. Тут відбувається попередня очистка стічних вод.

Фільтри використовуються в основному для відокремлення високодисперсних нерозчинних забруднюючих 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 повстяна 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 грубо дисперсному стані в стічних водах знаходяться 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 нерозчинні речовини в стічній рідині практично не відстоюються. Ці речовини зкаламучуються у воді, приєднуються до повітряних бульбашок і виносяться ними на поверхню води, де утворюють пінистий шар, який і вилучається. Флотація надає можливість повертати у виробництво цінні речовини. При цьому у воду додають спеціальні речовини-піноутворювачі, які знижують поверхневий натяг води. Тим самим це сприяє сильному примиканню бульбашок повітря до завислих домішок.

8.4. Біологічні методи очистки

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 чи водному середовищі - полях зрошення, полях фільтрації, біологічних ставках і особливо контактних фільтрах, крапельних біофільтрах, перколяторах, аеротенках тощо (табл. 8.2.).

Таблиця 8.2. Показники окисної здатності споруд біологічної очистки стічних вод

Види очисних споруд	Кількість кисню, г з 1 м ³ споруд за добу
<i>Споруди природної біологічної очистки</i>	
Поля зрошення	0,5-1,0
Поля фільтрації	2,0-36,0
Біологічні ставки	12,5
<i>Споруди штучної біологічної очистки</i>	
Контактні фільтри	72
Перколяторні фільтри	100
Аеротенки	1000
Аерофільтри	1000
Аерокоагулятори	4500

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

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

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

Міські стічні води практично можна очищати до якості чистої річкової води. Інколи суттєво утруднюється процес біологічної очистки через надходження в стічну рідину синтетичних миючих засобів, які широко використовуються населенням. Але тільки через це забороняти

їх використання недоцільно. Треба виробляти такі миючі засоби, які б задовольняли побутові вимоги й суттєво не порушували процес біологічної очистки.

Біологічні методи очистки стічних вод полягають у розкладанні мінералізації аеробним чи анаеробним шляхом колоїдних і розчинених органічних речовин міських стічних вод, які не може бути вилучено механічним шляхом. Найкращою умовою біологічної очистки 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 ґратах, великодисперсних домішок неорганічного походження - у піскоуловлювачах і основної кількості завислих речовин - у відстійниках. Після цього стічна рідина надходить на споруди біологічної очистки. Тверда фаза органічних речовин розкладається анаеробним шляхом, а рідина - аеробним.

До системи біологічної очистки стічних вод у природних умовах належать поля зрошення, поля фільтрації і біологічні ставки, до штучних - споруди для анаеробного розкладання - септики, двох'ярусні відстійники, метантенки і споруди для аеробного розкладання біологічні фільтри, аеротенки. При очистці міських вод використовують спочатку механічну очистку, а потім біологічну.

8.5. Фізико-хімічні та хімічні методи очистки

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

Процес кристалізації може бути прискорено 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). Очистка стічних вод шляхом евапорації полягає у відгонці летких з водяною парою забруднюючих органічних речовин, наприклад, фенолів.

Евапорація відбувається або в апаратах періодичної дії, або ж в апаратах безперервної дії (скруберах). Стічна рідина протікає через колонку з насадкою назустріч парі, нагріваючись до 100°C. При цьому леткі домішки частково переходять у пару, розподіляючись між нею і водою згідно з рівнянням

$$K = C_n / C_v \quad (8.2)$$

де C_n - концентрація речовини в парі, г/л конденсату; C_v - концентрація речовини у воді в момент рівноваги, г/л; K - коефіцієнт розподілу.

Пара, яка пройшла евапораційну колонку, надходить до скрубера, де звільняється від захоплених забруднюючих речовин.

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

Домішки, які усуваються в результаті екстракційної очистки, 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 частіше використовуються органічні розчинники (бензол, чотирихлористий вуглець, мінеральні масла тощо).

Аерація забезпечує або ж десорбцію розчинених летких домішок (перехід у газову фазу), або ж окиснення 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 (уже розглядали). Але в стічних водах, як у більш складних системах, ніж природні води, процес дегазації може ускладнюватися рядом факторів; найбільш важливі серед них - наявність поверхневих плівок (нафтові, масляні) і домішок, що адсорбують гази.

Сорбція. Процеси сорбції, основні закономірності яких розглянуто раніше, знаходять застосування і при очистці промислових стічних вод. При цьому розрізняють сорбцію в статичних умовах, яка здійснюється уведенням подрібненого сорбенту у стічну рідину. Є також сорбція в динамічних умовах, яка здійснюється фільтруванням води через шар сорбенту (вугілля, торф, каолін, стружка тощо).

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

Коагуляція. У практиці обробки стічних вод коагуляція використовується для прискорення процесу усунення колоїдно-розчинних домішок. Сам процес ми вже розглядали.

9. БІОХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ НА ОЧИСНИХ СПОРУДАХ

9.1. Окисно-відновні процеси у стічних водах

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

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

Процеси бактеріальної діяльності безперервно змінюють окисно-відновний потенціал стічних вод. При відновних процесах на анаеробних очисних спорудах окисно-відновний потенціал падає, досягаючи від'ємних величин. На аеробних очисних спорудах, коли кількість бактерій значно зменшується, відбувається підвищення окисного потенціалу, і він досягає позитивних величин. Важливо знати, що поза бактеріальною життєдіяльністю, наприклад, у тих водах, де зона є повністю пригніченою, окисно-відновний потенціал стічних вод не змінюється. На очисних спорудах окисник, як правило, уводиться з зовнішнього середовища. Таким окисником є кисень, що не виключає можливості окиснення одних компонентів стічних вод за рахунок інших.

За достатньої концентрації розчиненого кисню органічні речовини мінімально окисненого стану переходять у максимально окиснений. У результаті цього процесу органічні речовини, які містять вуглець, перетворюються на вуглекислоту і воду, які містять сірку - на сульфати.

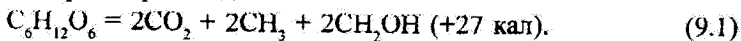
які містять азот - на нітрати. Окиснюються не тільки органічні компоненти, але і неорганічні. Так, відбувається окиснення солей закисного заліза в окисне, іонів двовалентного марганцю в діоксид марганцю тощо. У цьому напрямку процеси протікають за наявності в стічній рідині розчиненого кисню. Активними учасниками процесів є мікроби. Це аеробні біохімічні процеси.

За відсутності кисню в стічній рідині окиснення одних компонентів відбувається за рахунок інших. При цьому частково окиснені речовини окиснюються далі; речовини слабо відновлені продовжують відновлюватися. Речовини, які містять вуглець органічного походження, окиснюються до CO_2 , а відновлюються до CH_4 . Це анаеробні біохімічні процеси.

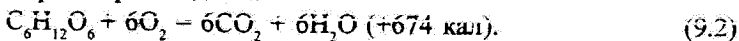
Аеробні біохімічні процеси відбуваються в міських стічних водах в певній послідовності залежно від величини окисненості компонентів. Так, речовини, які містять вуглець, мають нижчий ступінь окисненості з солями амонію. Тому при аеробному процесі спочатку окиснюються органічні речовини, які містять вуглець, до вуглекислоти і води, а лише потім починається окиснення солей амонію в нітрити й нітрати.

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

Анаеробне розкладання



Аеробне розкладання



9.2. Очисні споруди з аеробним розкладанням

На біологічних фільтрах забруднена вода на початку експлуатації споруди освітлюється, і тільки через деякий час, коли відбувається обростання часточок ґрунту біологічною плівкою в

результаті адсорбції бактерій із стічної води, починаються процеси біохімічного окиснення органічної речовини. Для успішності процесу очистки необхідна добра аерація.

Біофільтри являють собою споруди, заповнені великозернистим ненабрякаючим матеріалом, поверхня якого зрошується стічною рідиною. Зрошення виконується періодично (через 5-15 хв). Вода, яка пройшла через біофільтр, витікає через отвори (дренаж) і надходить на днище, з якого стікає у відповідні лотки. Завантажують фільтри щебінькою, шлаком, галькою. Ці матеріали повинні мати достатню пористість, оскільки вона сприяє хорошій аерації біофільтра і максимальному контакту стічної води з біоплівкою. Аерація фільтрів може бути природною і штучною. Використання штучної аерації дозволяє значно інтенсифікувати роботу біофільтра (аерофільтри).

На рис. 9.1 наведено схему аерованого біофільтра.

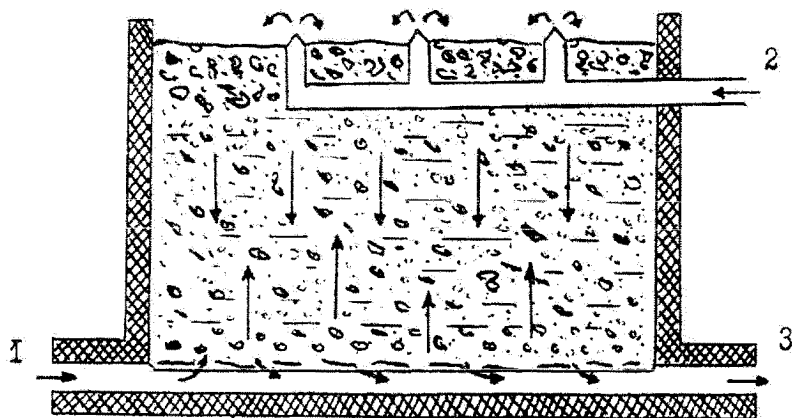


Рис. 9.1. Схема аерованого біофільтра: 1 - повітря; 2 - стічна вода; 3 - очищена

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

ступеня - вторинний відстійник - біофільтр другого ступеня - третій відстійник.

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

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

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

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

Водорості виконують дві функції. Перша - утворення кисню в процесі фотосинтезу; друга - виділення фітотоксинів у навколишнє середовище. Біофільтр заселено всіма трьома основними групами водоростей: зеленими, синьозеленими й діатомовими. Сумарна кількість зелених водоростей досягає 226·10⁹ клітин на 1 м³ шлаку у ому шарі; синьозелених - 143·10⁹ клітин на 1 м³; діатомових - 24·10⁹ клітин в 1 м³.

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

Черв'яки виконують дві основні функції: а) розпушення біологічної плівки, що попереджає її замулення; б) розкладання ряду хімічно стійких сполук - клітковини, каротину. На відміну від найпростіших і водоростей черви знаходяться лише в нижньому шарі, причому в зрошуваній зоні. Їх кількість становить $182 \cdot 10^4$ на 1 м^3 заселеної зони.

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

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

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

Аеротенк - це споруда, в якій здійснюється біологічна очистка забруднених вод, що імітує самоочищення у водоймах, але з більшою інтенсивністю. На відміну від природної аерації у водоймі насичення стічної рідини киснем відбувається в аеротенку шляхом нагнітання повітря під тиском. Якщо в біологічному фільтрі плівка прикріплена до нерухомого субстрату і омивається стічною рідиною, то в аеротенку роль біологічної плівки відіграє так званий активний мул - пластівці, які складаються в основному з бактерій у завислому стані. На рис. 9.2 показано схему роботи аеротенка.

Стічні води й активний мул з відстійника надходять у довгий бетонний резервуар і рухаються вздовж нього. Для підтримання активного мулу в завислому стані і забезпечення окисних процесів у суміш безперервно подається повітря. Після закінчення процесів біохімічного окиснення органічних речовин стічних вод суміш активного мулу і стічних вод надходить у вторинний відстійник для відокремлення активного мулу. Освітлена у відстійнику вода звичайно після знезараження скидається у водний об'єкт, а активний мул

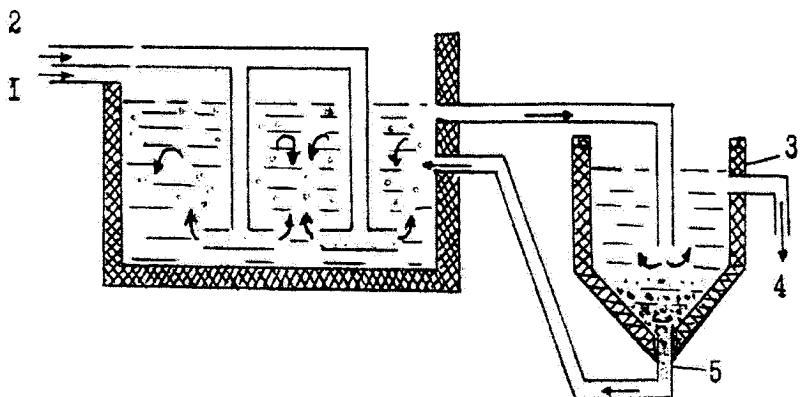


Рис. 9.2. Схема аеротенка: 1 - стічна вода; 2 - повітря; 3 - відстійник; 4 - очищена вода; 5 - активний мул

спрямовується знову в аеротенк. У результаті може утворюватися надлишок активного мулу, який доводиться вилучати.

Населення аеротенків. Активний мул - це зависла у воді біологічна плівка, яка відрізняється від справжньої біоплівки біологічних фільтрів. Перш за все в активному мулі відсутні представники водоростей, далі біоценоз активного мулу постійно знаходиться в товщі води, безперервно переміщується - інколи переходить із зони сильно аерованої, в зону, надзвичайно бідну на кисень. Відповідно в активному мулі живуть не тільки аероби, а й деякі анаероби.

До складу мулу входять: найпростіші, бактерії, бактерії-нітрифікатори, бактерії-денітрифікатори і значна кількість грибів. Деякі мікробів, які адсорбуються активним мулом, відносяться вся група кишкової палички.

Кількість організмів у масі активного мулу дуже велика - $100 \cdot 10^6$ в 1 м^3 ; їх сумарна поверхня дорівнює 1200 м^2 . Тому активний мул завдяки його адсорбційною здатністю можна порівняти лише з активованим вугіллям, але ж він ще виконує і функцію переробки.

Вивчення впливу основних фізико-хімічних факторів на життєдіяльність біоценозів свідчить, що мул є достатньо стійким до температурних коливань; існує за значної амплітуди зміни рН 4,5-9,5. Зменшення концентрації розчиненого кисню впливає лише на аеробну

групу бактерій, тому мул швидко відновлюється за підвищення вмісту кисню.

Напрямок біохімічних процесів в аеротенку. Аеротенки залежно від ступеня очистки стічних вод можуть працювати на повну чи неповну осистку. За повної очистки процес проходить у три фази: 1) завислі та колоїдні речовини адсорбуються й коагулюють, окисні процеси лише починаються; 2) переважають процеси окиснення, починаються процеси нітрифікації; 3) процеси окиснення закінчуються; переважають процеси нітрифікації амонійних солей; відбувається регенерація активного мулу.

За неповної очистки процес проходить у дві фази: 1) завислі та колоїдні речовини адсорбуються й коагулюють, окисні процеси тільки починають розвиватися; 2) відбувається неповне окиснення адсорбованих активним мулом завислих і колоїдних речовин, а також розчинених речовин.

9.3. Очисні споруди з анаеробним розкладанням

Осад (тверда фаза) стічних вод містить 95 % води; 5 % - це вуглеводи, білки, жири та зольні елементи; при цьому білки становлять 20 %, жири - 15, вуглеводи - 35, зола - 30 %. За допомогою біохімічної переробки осаду на очисних спорудах відбувається його знезараження, а також така зміна структури, яка перетворює осад в легко підсихаючу, зручну для утилізації речовину.

Вода, яка входить до складу твердої фази, поділяється на ту, яка фільтрується і віджимається, імбібіційну, адсорбційну. Вміст кожної з цих форм залежить від загальної вологості осаду (рис. 9.3).

Специфіка фізичної структури твердої фази така, що підсихання її відбувається дуже повільно. Розкладання органічної речовини проходить в умовах обов'язкового анаеробіозу, без чого цей процес йде дуже повільно.

Біохімічні процеси в природних умовах при *анаеробному бродінні* протікають у дві фази - з утворенням продуктів кислих і лужних. На очисних спорудах можна створити умови, коли бродіння відбувається з накопиченням лише лужних речовин, обминаючи процес утворення кислих продуктів.

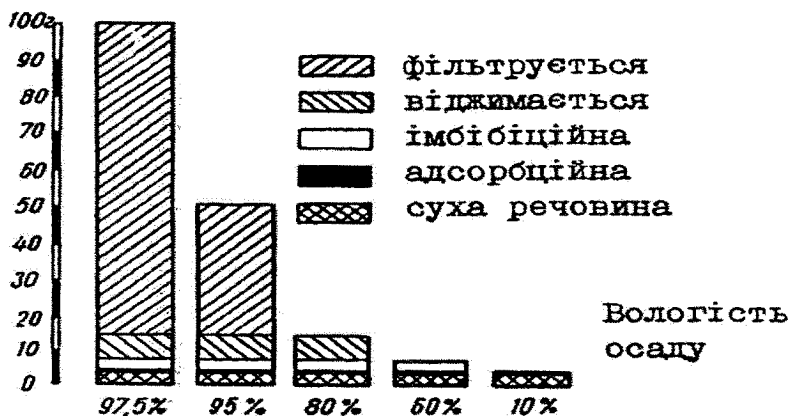


Рис. 9.3. Форми води в осаді стічних вод залежно від його вологості

Кисле бродіння: речовини, які містять вуглець, розкладаються до жирних кислот, в основному до масляної й оцтової. Деякі органічні речовини розкладаються до вуглекислоти.

Утворені жирні кислоти, в свою чергу, розкладаються з виділенням газів - водню, вуглекислоти, аміаку.

Лужне бродіння: речовини, які містять вуглець, також розкладаються до жирних кислот, і вуглекислота утворюється за рахунок вуглецю і кисню з води. Такі жирні кислоти, розкладаючись, утворюють гази - вуглекислоту, водень і метан. При цьому кількість метану є такою значною, що другу фазу розкладання органічної речовини часто називають "метановим бродінням". Крім того, при лужному бродінні інтенсивно відбувається і розкладання органічних речовин, які містять азот, з утворенням аміаку. Увесь процес розкладання органічних речовин при лужному бродінні відбувається значно інтенсивніше, ніж при кислому. Характерним для лужного бродіння є й широкий діапазон розкладання органічних речовин.

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

Септики - це басейни гниття, тому їх називають "загниваючими". У них поєднано процеси осадження і зброджування осаду (рис. 9.4)

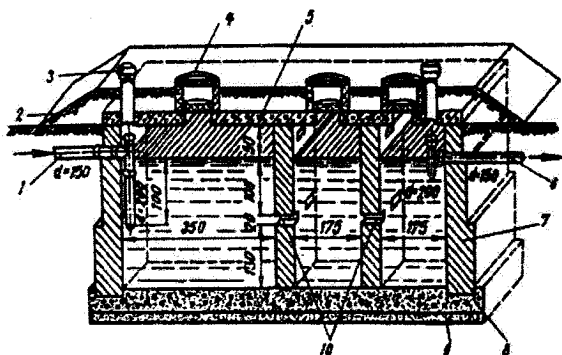


Рис. 9.4. Трикамерний септик: 1 - підвійна труба; 2 - насип; 3 - труба з отвором для прочистки; 4 - люк; 5 - перекриття; 6 - відвідна труба; 7 - кладка; 8 - бетонна основа; 9 - основа з щебінки; 10 - отвір для проходження рідкої фази

затягується плівкою, яка потім перетворюється на товсту кірку, і газ виділяється лише в місцях її розриву.

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

Позитивні характеристики септика - простота обладнання, високий відсоток затримки нерозчинених речовин і нескладність в експлуатації, негативні - домінування кислого бродіння, оскільки безперервні порції свіжого осаду не дають можливості в достатній мірі розвиватися мікробам II фази розкладання. Очищена стічна рідина, яка витікає з септика, має у своєму складі всі гази анаеробного розкладання осаду: метан, вуглекислота, водень, сірководень, аміак. І практично не має

Після запуску септика в експлуатацію поверхня води в ньому темна, гладка. Це означає, що розкладання осаду ще не почалося. Першою ознакою початку бродіння є сильне виділення газів. Через кілька днів уся поверхня септика

кисню. До недоліків септика відноситься можливість поширення неприємного запаху. Септик є спорудою для обслуговування невеликих об'єктів каналізування (групи будинків, санаторіїв, таборів тощо) - до 500 осіб і об'ємом стічних вод до 50 м³/добу. За правильного обладнання та експлуатації септика він має розташовуватися на відстані не менше 50 м від житлових, громадських споруд і підприємств громадського харчування. Очистка септика (один-два рази на рік) через малі розміри робиться вручну. Зброджений осад становить небезпеку в епідеміологічному відношенні, тому виникають труднощі з використанням цього осаду у вигляді добрив, оскільки вони можуть стати джерелом розповсюдження гельмінтів і виникнення інфекцій. Вивезення осаду на міське звалище може викликати зараження ґрунтових вод. Тому зброджений осад, вилучений із септика, повинен бути спочатку знезаражений, що досягається підігрівом у котлі до 60°C протягом години. При цьому повністю гинуть як збудники гострих шлунково-кишкових захворювань, так і яйця гельмінтів.

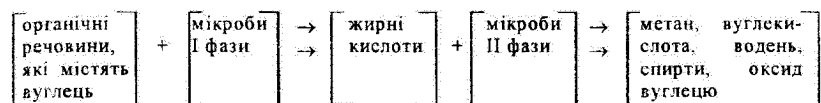
Залежно від об'ємів стічних вод септики влаштовуються однокамерні (до 1 м³), двокамерні (до 10 м³) і трикамерні (більше 10 м³).

Звичайно септики використовуються для попередньої обробки стічних вод, які надходять на споруди підземної фільтрації (поля підземної фільтрації, піщано-гравійні фільтри, фільтруючі траншеї, фільтруючі колодязі).

Двох'ярусні відстійники (емшери). У цих спорудах усунено більшість основних недоліків септиків. Так, ліквідовано потрапляння в рідинну фазу газоподібних продуктів, які утворюються при розкладанні осаду. Це досягається тим, що стічна рідина проходить у відстійнику по осадових жолобах, один край яких заходить за інший (рис. 9.5). Через те газ, який піднімається з дна, не потрапляє в стічну рідину, яка тече по жолобах. Крім того, склад газів, які досягають поверхні, також відрізняється від складу газів у септику. Йдеться про сірководень, який виділяється при анаеробному розкладанні осаду стічних вод. Оскільки глибина емшрного колодязя набагато більша, ніж септика, сірководень встигає вступити в реакцію із залізом, яке завжди є в стічних водах. У результаті утворюється сульфід заліза, усувається неприємний запах, рідина набуває чорного кольору. Реакція ця проходить лише в умовах нейтрального чи слабколужного

середовища; у кислому середовищі взаємодії між сірководнем і залізом не відбувається.

Над двох'ярусним відстійником звичайно влаштовується перекриття для уловлювання газів, які утворюються в період II фази бродіння (метану і вуглекислоти). За нормальних умов процес бродіння проходить за участю двох груп мікробів, які розкладають органічну речовину за такою схемою



Цей процес зветься лужним бродінням, яке за правильної експлуатації від-стійника є постійним. Осад при цьому набуває чорного кольору та специфічного запаху, який дещо нагадує запах каучуку.

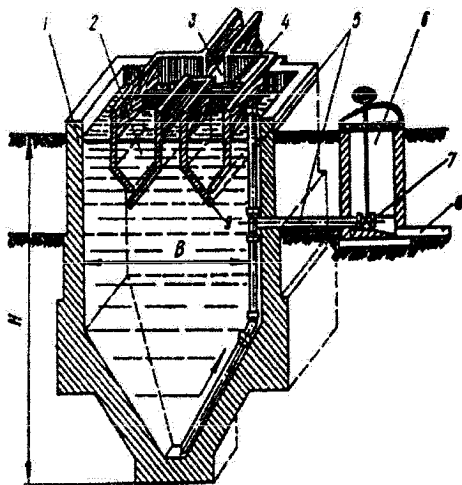


Рис. 9.5. Двох'ярусний від-стійник: 1 - кладка; 2 - жолоб; 3 - лоток; 4 - поперечна стінка; 5 - труба для відкачування твердої фази; 6 - оглядовий колодязь; 7 - засув; 8 - випуск твердої фази

Процес бродіння осаду у двох'ярусному відстійнику відбувається від одного до шести місяців. Зброджений осад надходить для підсушування на мулові майданчики. У ньому також, як і в осаді септика, зберігаються яйця гельмінтів і патогенних мікробів, але він не має неприємного запаху і легко віддає воду.

Розкладання органічної речовини в двох'ярусному відстійнику проходить інтенсивніше, ніж у септику. Але й він має санітарні й технологічні недоліки.

Бродіння осаду стічних вод здійснюється за невисоких температур, внаслідок чого швидкість розкладання його є невеликою, а вихід газів (такого, як метан) незначним. У зимовий період у середніх широтах і особливо на півночі та сході збродження осаду є практично неможливим і тому в цих районах емшери не використовують.

Процес бродіння може керуватися у двох'ярусному відстійнику незначною мірою. Єдине, чим може вплинути технолог на хід процесу, - це зміною дозування незбродженого осаду та його перемішуванням. Підігрів твердої фази здійснити неможливо, оскільки, крім осаду, довелося б підігрівати і увесь об'єм води над ним.

Значна глибина емшера (до 11 м) збільшує його вартість і лімітує будівництво там, де рівень ґрунтових вод є низьким.

Метантенки. Управління процесом бродіння може бути здійснене шляхом регулювання температури, що практично можливо лише за відділення осаду від рідинної фази. Цей процес відбувається в первинному відстійнику, після чого тверда фаза направляється в

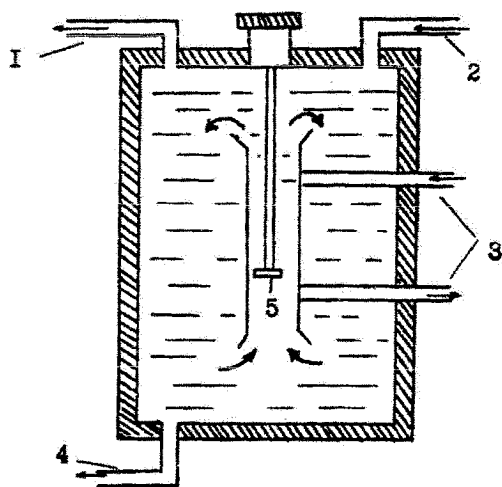


Рис. 9.6. Спрощена схема метантенка: 1 - збирання газу; 2 - свіжий осад; 3 - гаряча вода; 4 - зброджений осад; 5 - змішувач

особливу споруду - метантенк, де зброджується при штучному підігріві (рис. 9.6).

Метантенк являє собою закритий резервуар, призначений для анаеробної переробки осадів, а також надлишкового мулу аеротенків. Інтенсифікація розкладання органічної частини осаду досягається тут штучним підігрівом і перемішуванням осаду. Причому необхідною умовою

інтенсивного бродіння є постійне перемішування свіжого осаду із загальною масою зрілого. Чим більшим є об'єм зрілого осаду ("бактеріальної закваски"), тим краще працює метантенк.

У метантенку розкладається від 40 до 60 % органічної речовини; значна частина її переходить у газ (70 % метану, 30 % вуглекислоти).

Існують два типи бродіння - мезофільне і термофільне. За мезофільного бродіння температура маси, яка бродить, підтримується в межах від 30 до 35°C; за термофільного - від 50 до 55°C. Термофільне бродіння дозволяє інтенсифікувати процес, що робить можливим збільшенням завантаження метантенка в 1,8-2,0 рази. Крім того, при штучному уведенні в бродильну масу експериментальних метантенків дуже великих доз патогенних мікробів у термофільних умовах усі вони гинули через кілька годин, у той час як при мезофільному бродінні життєдіяльність їх зберігалася протягом кількох днів. Основною причиною загибелі патогенних мікробів при термофільному бродінні є температурний фактор, а не діяльність мікробів-антагоністів.

Осад, вилучений із стічних вод і зброджений в метантенках, вологістю 90-97 %, перекачується на мулові майданчики. Це найбільш простий і поширений спосіб підсушування осаду до вологості 75 - 80 %. Їхня будова є різною. Інколи роблять криті мулові майданчики, завдяки чому не розповсюджується неприємний запах, не приваблюються мухи. З епідеміологічної точки зору вирішальним є наявність патогенних мікроорганізмів у підсихаючому осаді. Підсушений осад (вологість 75-80%) може бути використаний як добриво. При відсутності ґрунту з доброю фільтруючою здатністю мулові майданчики влаштовують на штучній основі.

9.4. Біохімічна очистка стічних вод у ґрунтах

При надходженні в ґрунт стічних вод органічні речовини окиснюються за наявності вільного кисню мікроорганізмами, без яких чисто хімічним шляхом ніякого окиснення органічних речовин у ґрунті не буде. Населення ґрунту представлено досить широко: бактерії, гриби, водорості, найпростіші й безхребетні. Але домінують бактерії.

Для очистки стічних вод у природних умовах використовуються такі типи споруд: поля зрошення, поля фільтрації, поля підземної фільтрації.

Поля зрошення. На полях зрошення агрономічні інтереси поєднуються із завданням очистки стічних вод. Стічна рідина, протікаючи між грядками, фільтрується; на поверхні ґрунту затримуються колоїдні та суспензійні речовини, які потім окиснюються біохімічним шляхом. Розчинені речовини в стічній рідині проходять по капілярах ґрунту на глибину близько 0,5 м. За час проходження через активний шар ґрунту вони окиснюються до вуглекислоти, води, нітратів і сульфатів. Для того, щоб окиснення проходило безперервно, необхідне постійне надходження атмосферного повітря слідом за стічною рідиною, яка просочується. Тому, зрозуміло, глинисті ґрунти не є придатними, але не придатними є і великозерністі піски, оскільки стічна рідина швидко фільтрується через них і не встигають відбуватися процеси окиснення, адсорбції тощо. Найбільш оптимальними ґрунтами для влаштування полів зрошення є структурні супіщаники, суглинки і чорноземи.

Недоліком полів зрошення є сезонність їх роботи, оскільки в зимовий час ефективної очистки не відбувається.

Для запобігання можливому поширенню інфекції через ґрунтові води забороняється розташовувати поля зрошення на територіях, які входять до першого і другого поясів зон санітарної охорони джерел централізованого водопостачання, мінеральних джерел, курортів, у заплавах річок, а також за високого рівня ґрунтових вод.

У стічних водах, що надходять на поля, присутня значна кількість завислих і жироподібних речовин, які швидко замулюють ґрунт; в них є також яйця гельмінтів і патогенні мікроби, які можуть потрапити до сільськогосподарських культур. Тому стічні води треба перед надходженням на поля зрошення пропускати через первинні відстійники, де навіть за 2 год відстоювання затримується 90 % яєць гельмінтів.

Крім сільськогосподарських полів зрошення, є ще і так звані комунальні поля зрошення, які призначені лише для очистки стічних вод.

Поля фільтрації. На полях фільтрації сільськогосподарські культури не вирощуються, а здійснюється лише очистка попередньо освітлених стічних вод. Навантаження на ці поля є більш високим, ніж на поля зрошення. Разом з тим різко погіршується постачання киснем аеробних біоценозів. Тому рекомендується кілька разів

протягом літа переорювати поля фільтрації, обладнувати дренажі. При розміщенні полів фільтрації треба враховувати санітарні норми (через запахи, поширення мух). Вони повинні знаходитися на відстані 300-1000 м від міської забудови і бути огороженими зоною зелених насаджень.

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

9.5. Біохімічна очистка стічних вод у біологічних ставках

Біологічні очисні ставки імітують природні водойми, причому максимально підсилюють їх властивості, які сприяють процесам самоочищення. Вони неглибокі (0,5-1,0 м), добре прогріваються сонцем, що створює сприятливі умови для широкого розвитку водоростей, вищої рослинності, найпростіших, автотрофних і гетеротрофних груп бактерій. Для ефективної очистки стічних вод на спорудах штучної очистки необхідні значні витрати енергії, тоді як у ставках використовується сонячна енергія.

Санітарний ефект роботи ставків у літній час є дуже високим. Кишкова паличка гине на 95-99 %, патогенні бактерії кишкової групи - повністю, окисність знижується на 90 %, вміст органічного та амонійного азоту - на 97 %.

Причому біологічні ставки можуть працювати і зимою, коли їх поверхня вкрита льодом. Але треба обов'язково очищати поверхню льоду від снігу для проходження сонячного проміння.

Тип біологічних очисних ставків: 1) проточні ставки з розведенням стічної рідини річковою водою; 2) проточні ставки без розведення стічної рідини; 3) ставки для доочистки стічної рідини; 4) контактні ставки; 5) анаеробні ставки.

Проточні ставки з розведенням стічної рідини річковою водою. Освітлена у відстійниках стічна рідина розводиться у три-п'ять разів

чистою річковою водою. Ця рідина повинна перебувати у ставках приблизно два-три тижні. У ставках можна вирощувати рибу (коропа) а також розводити качок. Недоліком таких ставків є те, що необхідне будувати первинні відстійники, споруджувати греблю для ставка-резервуара чистої річкової води і мати поблизу чисту річку.

Проточні ставки без розведення стічної рідини. Неочищена стічна рідина проходить послідовно через серію з чотирьох-п'яти ставків. У першому ставку обладнується перетинка для затримання твердої фази. В останньому ставку, у воді якого міститься розчинений кисень, можна розводити рибу.

Ставки для доочистки стічної рідини. Інколи, якщо в силу якихось причин на біологічній очисній станції не можна обробити весь об'єм чи вимагається високий ступінь очистки, використовують проточні ставки для доочистки недостатньо окисненої рідинної фази стічних вод. Цей тип ставків влаштовується двома-трьома серіями і може бути використаний для розведення риби.

Контактні ставки. Робота цих ставків ґрунтується на тому, що в стоячій воді, порівняно з водою проточною, біохімічні процеси проходять швидше. Стічна рідина подається в серію паралельно розміщених карт, причому кожен день один із ставків наповнюється, а другий спорожнюється. Для території України тривалість контакту рідини у ставках становить 5-10 днів.

Анаеробні ставки. Стічна рідина, яка містить як тверду, так і рідинну фазу, надходить у глибокий ставок (кілька метрів). Такого типу ставок, по суті, є відкритим септиком. Тому тут відбуваються анаеробні процеси. Із санітарної погляду такі ставки мають ряд недоліків порівняно із септиками: бродильні гази виділяються в навколишнє повітря, є небезпека потрапляння патогенних мікробів у ґрунтові води.

9.6. Використання продуктів біохімічних процесів

Основними продуктами біохімічних процесів є гази і зброджена тверда фаза. Використовуються вони для різних цілей.

У середньому при бродінні 1 м³ осаду можна отримати 10-18 м³ газу. За теплотворною здатністю 1 м³ газу відповідає 0, 83 кг коксу, 0,785 л бензину чи 0,61 кг дизельного палива. Крім того, з 1 м³ газу можна одержати 1,61 кВт·год енергії. Практично метан, який входить

до складу газів, одержуваних у метантенках, використовується як паливний газ при виробленні електроенергії для очисних станцій.

Важливе значення має застосування твердої фази як добрива сільському господарстві. Заміна чи доповнення органічних добрив збродженим осадом є дуже корисним. Осад, порівняно з гноєм містить більшу кількість фосфору і кальцію. Азот і фосфор в осаді знаходяться в так званій рухомій формі, яка активно засвоюється рослинами. Крім того, осад містить ще цілий ряд мікроелементів: магній, сірку, залізо, бор, марганець, мідь, йод, цинк тощо.

Дослідження, виконані на очисних спорудах міст Дніпропетровська, Запоріжжя і Нетішина (Хмельницька обл.), підтверджують можливість такого застосування (В.К.Хільчевський, В.М.Савицький, К.О.Чеботько та ін., 1997). Але при цьому необхідні спеціальна підготовка осадів стічних вод з метою запобігання внесенню разом ними значних кількостей патогенних мікробів, солей важких металів а також чіткий контроль за їхнім вмістом на удобрюваних ділянках.

Ще один напрямок використання збродженого осаду - це паливо. Для цього осад підсушується на мулових майданчиках, потім з допомогою формувальної машини готуються паливні цеглини (аналогічно приготуванню торф'яних паливних цеглин). Ці цеглини повинні відстоятися в штабелях не менше одного року, протягом якого відбувається різке зниження бактеріального населення осаду.

За рубежем з осаду ще виробляють синтетичний ґрунт для спортивних майданчиків.

10. ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД І САНІТАРНИЙ НАГЛЯД ЗА ЇЇ ЕФЕКТИВНІСТЮ

10.1. 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.

Необхідну площу під будівництво очисних споруд розраховують за формулою:

$$S_{\text{заг}} = \sum (S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5), \quad (10.1)$$

де $S_{\text{заг}}$ - загальна площа, яка відводиться під очисні споруди; S_1 - необхідна площа під споруди механічної очистки; S_2 - необхідна площа під споруди біологічної очистки; S_3 - необхідна площа під споруди хімічної очистки; S_4 - необхідна площа під споруди доочистки і знезараження; S_5 - резервна площа, яка відводиться під санітарно-захисні зони (СЗЗ).

Санітарно-захисні зони очисних станцій оцінюють з погляду достатності розривів (відстані) між ними і житловою забудовою, а також між ними і водозабірними спорудами підземних вод. У табл. 10.1 наведено санітарно-захисні розриви для очисних споруд продуктивністю понад 200 м³/добу.

Величина СЗЗ очисної станції встановлюється відносно тієї споруди, для якої потрібний 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 розміщуватися з підвітряного боку переважаючих вітрів теплої періоду року і нижче населеного пункту за течією річки. Скидання стічних вод у межах населеного пункту забороняється.

Таблиця 10.1. Санітарно-захисні розриви для очисних споруд продуктивністю понад 200 м³/добу

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

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 розташовано на 1 км вище найближчого пункту водокористування, у межах вимог, встановлених "Санітарними правилами і нормами охорони поверхневих вод від забруднення" (СанПіН 4630-88).

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 зворотній системі водопостачання (для вилучення цінних відходів), влаштовувати їх повністю чи 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, напівпродукти 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 неможна 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.

Розроблено санітарно-гігієнічну класифікацію водних об'єктів за ступенем забруднення, в основу якої покладено провідний принцип нормативних документів водно-санітарного законодавства - забезпечення оптимальних умов господарсько-питного і культурно-побутового водокористування. Головна мета гігієнічної класифікації - це попередження несприятливого впливу на населення хімічних і мікробних факторів води. Тому до неї включено оціночні показники, які відносяться до чотирьох критеріїв шкідливості водних об'єктів: органолептичного, токсикологічного, загальносанітарного і бактеріологічного (табл. 10.2). Такими показниками є запах і присмак води, ступінь перевищення ГДК речовин, які нормовані за органолептичною і токсикологічною ознаками шкідливості, розчинений кисень, БСК₂₀, кількість кишкових паличок в 1 л води.

Чотири градації оціночних показників відповідають допустимому, помірному, високому і надзвичайно високому ступеню забруднення

Таблиця 10.2. Гігієнічна класифікація водних об'єктів за ступенем забруднення*

Ступінь забруднення	Оціночні показники забруднення для водних об'єктів першої та другої категорій					
	Органолептичний		Токсикологічний	Санітарний	Бактеріологічний	Індекс забруднення
	запах і присмак, бал	ГДКорг	ГДКтокс	БСК ₂₀ , мгО ₂ /л	кількість лактозопозитивних кишкових паличок в 2 л	
Допустимий	2	1	1	3(6)**	$\leq 1 \cdot 10^4$	0
Помірний	3	4	3	6(8)	$> 1 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^5$	1
Високий	4	8	10	8(10)	$> 1 \cdot 10^5 - 1 \cdot 10^6$	2
Надзвичайно високий	4	8	100	8(10)	$> 1 \cdot 10^6$	3

* - за "Методичними вказівками по розгляду проектів гранично-допустимих кидів (ГДС) речовин, які надходять у водні об'єкти із стічними водами" № 2875-83;
* - значення БСК₂₀ у дужках наведені для водних об'єктів другої категорії.

водойм першої (господарсько-питної) і другої (культурно-побутової) категорії водокористування. У результаті санітарний стан водойми характеризується узагальненим індексом забруднення, який встановлюється за оціночним показником, що змінений у найбільшій мірі (лімітуючий показник).

Індекс забруднення (ІЗ), що дорівнює 0, характеризує водойми, які можуть використовуватися без обмеження. ІЗ, що дорівнює 1, свідчить про помірний ступінь забруднення і часткове порушення водокористування (існування певного несприятливого впливу забрудненої води на стан здоров'я населення). ІЗ - 2 вказує на виражене забруднення і повну непридатність водойми для всіх видів водокористування. ІЗ - 3 характерний для водойм з надзвичайно високим ступенем забруднення. Такі водойми не лише не придатні для водокористування, але навіть короточасний контакт з їхньою водою може мати несприятливі наслідки для здоров'я людини.

Забруднення водойми стічними водами - це зміна якості води вище пункту водокористування на 1 км, яке не відповідає вимогам СанПіН № 4630-88 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 (табл. 10.3). Як уже зазначалося, водні об'єкти чи їхні ділянки поділяються на дві основні категорії водокористування: перша категорія - використання водойми для централізованого чи 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 з розведінні 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 самоочистки; г) не вносять у водойму патогенні мікроорганізми чи 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). Встановлені нормативи якості води водних об'єктів, які використовуються і для інших цілей: наприклад, нормативи якості води для водосховищ.

Таблиця 10.3. Гігієнічні вимоги до складу і властивостей води водних об'єктів у пунктах господарсько-питного і культурно-побутового водокористування

Показник складу і властивостей води	Категорія водокористування	
	1	2
Завислі речовини	Вміст завислих речовин не повинен збільшуватися більш ніж на, мг/л: 0,25 0,75 Для водних об'єктів, які містять у межах більше 30 мг/л солей, допускається збільшення вмісту завислих речовин у воді на 5%	
Плаваючі домішки (речовини)	Завислі частки із швидкістю випадання більше 0,4 мм/с у проточних водоймах і більше 0,2 мм/с у водосховищах до скидання забороняються. На поверхні води не повинні виявлятися плаваючі плівки, плями масел і скупчення домішок	
Запахи	Вода не має набувати не властивих їй запахів інтенсивністю більше 1 бала, які виявляються: безпосередньо; при хлоруванні; інших способах обробки	
Забарвлення	Не повинні виявлятися у стовпчику, см: 20 10	
Температура	Літня температура води після скидання вод не має підвищуватися більш ніж на 3°C порівняно із середньою температурою самого жаркого місяця року за останні 10 років	

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.

10.2. 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 БНіП 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 (загальносплав-на, повна роздільна, неповна роздільна, комбінована, напівроздільна) каналізації, яку треба збудувати у населеному пункті (табл. 10.4).

Таблиця 10.4. Показання до вибору схеми каналізації при централізованій системі водопостачання

Схема каналізації	Система забудови	Густина населення, осіб/га
Централізована	Багатоповерхова	Понад 80
Децентралізована	Малоповерхова	Менше 70
Змішана	Велика різниця між окремими районами за густотою населення і поверховості забудови	70–150
Часткова	Населений пункт, який будується чи реконструюється	50–200

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 чи іншої системи каналізації залежить від ряду факторів (табл. 10.5). З санітарного погляду більш ефективною є загальносплавна система каналізації за умови глибокої очистки всіх стічних вод, які надходять на очисні споруди. За повної та неповної роздільної, а також комбінованої систем каналізації треба старанно перевіряти умови випуску і очистки 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. Методику розрахунку наведено у розділі 11.

Перевірка розрахунків умов скидання стічних вод у водні об'єкти і визначення необхідного ступеня очистки стічних вод. Цей етап експертизи здійснюється згідно з наведеною методикою визначення умов випуску стічних вод у водні об'єкти (розділ 11).

Оцінка принципових схем очистки стічних вод є найбільш важливим етапом експертизи, оскільки від цього буде залежати

Таблиця 10.5. Показання до вибору системи каналізації

Система каналізації	Рельєф місцевості	Кількість насосних станцій	Інтесивність дощу, л/с га (20 хв)	Спеціальні вимоги
Загальносплавна	Спокійний	До 3 за висоти підйому стічних вод до 20 м	До 80	Стічні води можуть бути випущені у водний об'єкт після механічної очистки
Повна роздільна	Сильно порізаний	Більше 3	Більше 80	Необхідність біологічної очистки
	Те саме	Більше 3	До 70	Треба розглядати як першу чергу будівництва повної роздільної системи для населених пунктів з населенням до 50 000 осіб
Комбінована	— “ —	До 3	До 80	Треба застосувати у містах з населенням понад 100 000 осіб, окремі райони яких відрізняються між собою характером забудови, ступенем благоустрою, рельєфом тощо
Напівроздільна	— “ —	До 3	До 80	Особливі вимоги висуваються до скидання дощових вод у внутрішні міські водойми

ефективність роботи, надійність експлуатації очисних споруд і охорона навколишнього середовища. Основним критерієм є об'єм стічних вод (табл. 10.6). За ним виділяють три групи очисних споруд. Перша - споруди, використання яких доцільне за продуктивності очисних станцій понад 10 000 м³/добу. Використовується у селищах міського типу і містах, друга - від 25 до 10 000 м³/добу (малі очисні споруди), третя - до 25 м³/добу (місцеві очисні споруди).

Кожна споруда розраховується на певне гідравлічне навантаження чи концентрацію речовин у стічних водах, що знаходять, за яких досягається максимальний ефект очистки (БНіП 2.04.03-85). Показником ступеня очистки може служити концентрація речовин у стічних водах, які виходять з очисних споруд.

Треба уважно підходити до вирішення питання про можливість використання ґрунтових методів очистки. За наявності земельних

Таблиця 10.6. Показання до вибору очисних споруд за різної продуктивності переробки стічних вод, м³/добу

Понад 10 000	25–10 000 (малі)	До 25 (місцеві)
<i>Споруди механічної очистки</i>		
Піскоуловлювачі Горизонтальні, вертикальні й радіальні відстійники	Піскоуловлювачі	Септики
<i>Споруди біологічної очистки</i>		
Поля фільтрації Поля зрошення	Малі поля фільтрації Малі поля зрошення	Поля підземної фільтрації Поля підрунтового зрошення
Різні типи аеротенків Різні типи біологічних фільтрів	Біологічні ставки Різні типи біологічних фільтрів Циркуляційно-окисню- вальні канали Аероокиснювачі радіальні Аероакселатори Компактні установки	Фільтруючі колодязі Піщано-гравійні фільтри Фільтруючі траншеї Біофільтри малої продуктивності БІО–25 КУ–12; 25 УКО–25

ділянок і сприятливих кліматичних умов цьому методу слід надавати перевагу, тому що він дозволяє вирішувати ряд 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.

Слід зазначити, що використання стічних вод для зрошення дає досить великий додатковий прибуток, за рахунок якого за короткий час окупаються всі витрати, у той час як будівництво споруд штучної біологічної очистки вимагає значних безповоротних капітальних вкладень і експлуатаційних витрат.

На очисних спорудах повинні надійно знезаражуватися й утилізуватися осади стічних вод з відстійників. Показання до вибору методів і схем обробки осадів наведено у табл. 10.7.

Надійне знезараження осадів досягається при застосуванні не одного, а кількох методів. Так, анаеробна стабілізація забезпечує

Таблиця 10.7. Показання до вибору методів і схем обробки осадів стічних вод за різної продуктивності очисної станції, м³/добу

100 000	10 000 – 100 000	25 – 10 000	До 25
Метод анаеробної стабілізації: мулоупіщільнювач, метантенк, мулові майданчики, сільськогосподарські поля	Термомеханічний метод: мулоупіщільнювач, вакуумфільтр, термічна сушка, сільськогосподарські поля; мулоупіщільнювач, фільтр-прес, термічна сушка, сільськогосподарські поля Термічний метод: мулоупіщільнювач, вакуум-сушка, спалювання	Метод анаеробної стабілізації: дво-х'ярусний відстійник, мулові майданчики, сільськогосподарські поля Метод аеробної стабілізації: аеротенк, аераційна секція, термічна обробка, сільськогосподарські поля; аеротенк, аераційна секція, компостування, сільськогосподарські поля	Метод анаеробної стабілізації: септик, підземні мулові майданчики, септик, компостування

стійкий ефект дегельмінтизації, якщо зброджування відбувається у термофільних умовах. Після аеробної стабілізації осад треба прогріти до 60°C або застосувати метод компостування.

Оцінка влаштування каналізаційної мережі. Перш за все треба 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, треба 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 наступне 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 очистки стічних вод є грати. У складі очисних споруд передбачаються грати з поздовжніми отворами не більше 16 мм або грати-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 ручна очистка і вивіз відходів у герметичних контейнерах у місця знезараження твердих побутових і промислових відходів. В інших випадках повинна передбачатися механізована очистка і подрібнення відходів.

Піскоуловлювачі влаштовують за продуктивності очисних споруд понад $100 \text{ м}^3/\text{добу}$. Піскоуловлювачів повинно бути не менше двох. Тип піскоуловлювача залежить від продуктивності станції. За продуктивності до $5000 \text{ м}^3/\text{добу}$ доцільно застосовувати тангенціальні піскоуловлювачі, понад $10\,000$ - горизонтальні, понад $20\,000 \text{ м}^3/\text{добу}$ - аеровані. Розрахунок їхніх основних параметрів виконується на основі гідравлічної крупності піску.

Тип відстійників зумовлюється продуктивністю очисної станції. За продуктивності до $25 \text{ м}^3/\text{добу}$ для механічної очистки стічних вод, які потім надходять на поля підземної фільтрації, у піщано-гравійні фільтри, фільтруючі траншеї та фільтруючі колодязі, треба застосовувати септики: до $10\,000 \text{ м}^3/\text{добу}$ - двох'ярусні і $20\,000 \text{ м}^3/\text{добу}$ - вертикальні, понад $20\,000 \text{ м}^3/\text{добу}$ - радіальні відстійники. Повний розрахунковий об'єм септика приймають: за витрати стічних вод до $5 \text{ м}^3/\text{добу}$ - не менше трикратного добового припливу, за витрати понад $5 \text{ м}^3/\text{добу}$ - не менше 2,5-кратного. Розрахунок продуктивності відстійників, крім вторинних, провадиться за кінетикою випадання завислих речовин, яке залежить від гідравлічної крупності частинок (БНіП 24.04.03-85).

Оцінюючи основні параметри відстійників, треба перевірити об'єм мулової частини, який залежить від норми накопичення осаду і періодичності його усунення. Норма накопичення осаду для відстійників без зброджування мулу становить $0,7\text{--}0,8 \text{ дм}^3/\text{добу}$ на 1

людину, для відстійників із зброджуванням залежно від середньозимової температури стічних вод - $65 \text{ дм}^3/\text{р.}$ ($t=10^\circ\text{C}$); $110 \text{ дм}^3/\text{р.}$ ($t=6^\circ\text{C}$). Об'єм мулової частини визначають за формулою

$$W=(V \cdot N)/(np), \quad (10.2)$$

де V - норма накопичення осадів, або необхідний об'єм септичної частини на 1 людину; N - чисельність населення, яке проживає в каналізованому житловому фонді; n - кількість одночасно працюючих відстійників; p - періодичність усунення осаду.

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 освітленої води, надходження осаду до приймального бункера станції перекачування.

Виконуючи експертизу споруд біологічної очистки з активним мулом, треба перевірити основні технологічні параметри, які характеризують процес біохімічної очистки стічних вод і зумовлюють ефективність роботи споруд: навантаження органічних забруднюючих речовин, швидкість окиснення, окисна потужність, відносний і питомий приріст мулу, муловий індекс, необхідний час аерації, місткість аераційної секції.

Вагове чи мулове навантаження - це загальна кількість органічних забруднюючих речовин за БСК, які надходять у споруду, що віднесена до загальної маси активного мулу за сухою речовиною в аераційній секції споруди:

$$g_m = 24 \cdot (L_{ct} - L_{oc}) / a_m (1 - S) \cdot t_a, \quad (10.3)$$

де g_m - навантаження на активний мул, БСК (повне), $\text{мгO}_2/\text{г}$ беззольної речовини мулу на добу; L_{ct} - БСК (повне) стічної води, яка надходить в аеротенк (з урахуванням БСК при первинному відстоюванні), $\text{мгO}_2/\text{л}$; L_{oc} - БСК (повне) очищеної води, $\text{мгO}_2/\text{л}$; a_m - доза мулу, г/л ; S - зольність мулу (з табл. 10.8); t_a - період аерації, год.

Період аерації, чи тривалість аерації, - це час (t_a), необхідний для окиснення органічних забруднюючих речовин стічних вод у пристрої. Для аеротенка t_a визначають за формулою

$$t_a = (2,5 / V) \cdot \lg (L_{ct} / L_{oc}) \quad (10.4)$$

Період аерації в аеротенках, які працюють за принципом змішувачів, (t_{a1}) визначають за формулою

Таблиця 10.8. Основні технологічні параметри, які характеризують процес очистки стічних вод

Стічні води	ШО _{max} , мгО ₂ /год	К _в , мгО ₂ /л	К _о , мгО ₂ /л	У _м , г/л	S
Міські	85	33	0,625	0,07	0,3
Виробничі					
Нафтопереробних заводів					
I ступінь	33	3	1,81	0,17	—
II ступінь	59	24	1,66	0,158	—
Азотної промисловості	140	6	2,4	1,11	—
Заводів синтетичного каучуку, целюлозно-паперової промисловості					
сульфатно-целюлозне виробництво	80	30	0,6	0,06	0,15
сульфідно-целюлозне виробництво	650	100	1,5	2	0,16
Заводів штучного волокна (віскози)	700	90	1,6	2	1,17
Фабрик первинної обробки вовни	90	35	0,7	0,27	—
I ступінь	32	156	—	0,23	—
II ступінь	6	33	—	0,2	—
Дріжджових заводів	232	90	1,66	0,16	0,35
Заводів органічного синтезу мікробіологічної промисловості					
виробництво лізину	83	200	1,7	0,27	—
виробництво біовіту і вітаміну	280	28	1,67	0,17	0,15
Свиновідгодівельних комплексів:					
I ступінь	1720	167	1,5	0,98	0,12
II ступінь	454	55	1,65	0,176	0,25
	15	72	1,68	0,171	0,3

$$t_a = \frac{(L_{ст} - L_{оч})}{a_m (1 - S) \cdot p} \quad (10.5)$$

Глибина процесу біохімічної очистки і величина приросту активного мулу залежать від валового навантаження. Чим меншою є величина навантаження (не більше 1 г БСК на 1 г мулу на добу), тим вищими є ефект очистки стічних вод і ступінь мінералізації активного мулу. Меншою величина його приросту і вищою концентрація розчиненого кисню в муловодяній суміші аеротенку.

Застосовується ще така характеристика, як питома швидкість окиснення (вилучення) забруднюючих речовин активним мулом. Це коли навантаження на мул розраховується не за всією кількістю забруднюючих речовин, що надходять, а лише за тією частиною, що вилучається. Це частина, яка здатна сорбуватися і окиснюватися активним мулом і яка може убавати з різною швидкістю залежно від стану (якості) активного мулу. Тому питома швидкість окиснення ШО визначається за величиною БСК, віднесеною до одиниці суміші активного мулу за сухою речовиною в одиницю часу

$$\text{ШО} = \text{ШО}_{\max} \cdot \frac{L_{\text{оч}} \cdot C_0}{L_{\text{оч}} \cdot C_0 - K_{\text{в}} \cdot C_0 + K_0 \cdot L_{\text{оч}}} \cdot \frac{1}{1 + y_{\text{м}}} \quad (10.6)$$

де $\text{ШО}_{\max}$ - максимальна швидкість окиснення, $\text{мгО}_2/\text{л}$ за 1 год (приймається за табл. 10.8); C_0 - концентрація розчиненого кисню, мг/л ; $K_{\text{в}}$ - константа, яка характеризує властивості органічних забруднюючих речовин, (БСК (повне) $\text{мгО}_2/\text{л}$, приймається за табл. 10.8); K_0 - константа, яка характеризує вплив кисню, $\text{мгО}_2/\text{л}$, (приймається за табл. 10.8); $y_{\text{м}}$ - коефіцієнт інгібування продуктами розкладання активного мулу, г/л , (приймається за табл. 10.8).

Окиснювальна потужність ОП, чи об'ємне навантаження - це кількість забруднюючих речовин у стічних водах, які окиснюються (вилучаються) 1 м^3 вмісту аераційної секції споруди за добу

$$\text{ОП} = (L_{\text{ст}} - L_{\text{оч}}) \cdot Q / W_{\text{а}}, \quad (10.7)$$

де Q - приплив стічних вод, $\text{м}^3/\text{добу}$; $W_{\text{а}}$ - вміст аеротенка, м^3 .

Вміст аеротенка $W_{\text{а}}$ визначають за формулою

$$W_{\text{а}} = t_{\text{а}} \cdot (1 + R_{\text{м}}) \cdot g_{\text{ст}}, \quad (10.8)$$

де $R_{\text{м}}$ - ступінь рециркуляції активного мулу; $g_{\text{ст}}$ - розрахункова витрата стічних вод, м^3 .

Ступінь рециркуляції активного мулу $R_{\text{м}}$ в аеротенках розраховують за формулою

$$R_{\text{м}} = a_{\text{м}} \cdot \frac{1000}{I_{\text{м}}} + a_{\text{м}}, \quad (10.9)$$

де $I_{\text{м}}$ - муловий індекс, $\text{см}^3/\text{г}$.

Розраховані дані звіряються з відповідними нормативними документами.

Для роботи біофільтрів основним технологічним параметром є також окисна потужність. Під окисною потужністю (ОП) біофільтрів розуміють кількість органічних забруднюючих речовин за БСК, яку може бути вилучено із стічної рідини 1 м³ завантаженого матеріалу протягом доби

$$ОП = (L_{ст} - L_{ок}) / W_a \quad (10.10)$$

Знаючи окисну потужність біофільтра, можна розрахувати необхідний об'єм фільтруючого матеріалу. Для цього сумарну БСК усієї кількості стічних вод, яка надходить на біофільтр протягом доби, ділять на окисну потужність 1 м³ матеріалу. Розділивши потім об'єм фільтруючого матеріалу на допустиму висоту його шару (біофільтр - 2 м, аерофільтр - 4 м), отримують площу, яка необхідна під біофільтр.

Прийом до експлуатації збудованих очисних каналізаційних споруд. Необхідно зазначити, 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 і т.д.), 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 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:

Відбуваються 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 чи відомством, у віданні якого знаходиться 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.

10.3. Поточний санітарний нагляд за ефективністю роботи очисних споруд

Поточний санітарний нагляд за ефективністю роботи очисних споруд включає: 1) санітарне обстеження споруд щодо очистки, доочистки 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 очистки, доочистки 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 очистки і невідповід

ності умов випуску за аварійних ситуацій. Для вирішення будь-якого з цих завдань треба 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 - у достатньому ступені благоустрою території очисної станції, відсутності органічних і гідравлічних перевантажень очисних споруд, своєчасній профілактиці і ремонті пристроїв, достатніх розмірах СЗЗ та їх коригуванні залежно від пануючих вітрів, відповідності ступеня очистки води умовам випуску.

Санітарно-технічне обстеження повинно включати перевірку правильності влаштування й експлуатації споруд з очистки, доочистки, знезараження і знешкодження стічних вод та їх осадів згідно з БНІП 2.04.03-85.

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

За початкового санітарного нагляду залежно від поставленого завдання проводиться 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 обмежитись 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 даному об'єму стічних вод; 3) правильність влаштування й експлуатації очисних споруд, територій, наявність СЗЗ;

4) об'єм стічних вод, які надходять, якість та ефективність очистки; 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 обстеженні очисних споруд з'ясовують, на який об'єм стічних вод вони проектувалися, яку схему обробки води було прийнято. Встановлюють фактичний об'єм стічних вод, які надходять на очисні споруди. Для цього використовують дані вимірювальних приладів або ж роблять спеціальні заміри. Обстеження окремих очисних споруд виконують по ходу технологічного процесу обробки стічної рідини: грати, піскоуловлювачі, відстійники, споруди біологічної очистки (аеротенки, біофільтри, метантенки).

При обстеженні споруд ґрунтової очистки стічних вод (поля зрошення й фільтрації) необхідно з'ясувати, чи відповідають величини навантажень стічних вод місцевому ґрунту, кліматичним і гідрогеологічним умовам. Навантаження на комунальні поля зрошення й фільтрації не повинно перевищувати величин, наведених у БНіП 2.04.83-85. Навантаження на сільськогосподарські поля зрошення розраховується залежно від виду вирощуваних культур, періоду поливу (вологозарядний, вегетаційний) і забезпеченості ґрунту вологою. Ретельно перевіряється спосіб зрошення, оскільки він повинен відповідати виду культур і ступеня чистоти стічних вод.

Без обмежень за якістю стічних вод і способом поливу може здійснюватися зрошення пасовищ, полів з технічними і кормовими культурами. Для зрошення угідь з овочевими культурами необхідною є повна біологічна очистка стічних вод та їх дегельмінтизація. В

умовах ґрунтової очистки найбільш прийнятним способом дегельмінтизації стічних вод є влаштування біологічних ставків.

При обстеженні біологічних ставків з'ясовуються такі питання: 1) характер використання протягом року; 2) ставки є самостійними обчисними спорудами чи застосовуються для доочистки стічних вод після біологічної очистки та інших спорудах; 3) загальна площа ставків, їхня кількість, глибина, місткість кожного з них; 4) добове навантаження стічних вод на 1 га поверхні ставків та її відповідність нормативам; 5) тривалість перебування стічної рідини в біологічних фільтрах; 6) розміщення ставків по відношенню до житлової зони, до відкритого водного об'єкта; місце надходження стічних вод, які пройшли біологічні ставки, у водний об'єкт (вище, нижче житлової забудови) і місце господарсько-побутового використання водою; 7) санітарний стан ставків (наявність на дні мулових відкладів, неприємні запахи, заболоченість берегів, піна на поверхні, виділення з води бульбашок газу і т.д.).

На полях зрошення й фільтрації необхідно контролювати дотримання гідравлічних навантажень стічних вод на поля в період дощів і збирання врожаю; спосіб збирання, відведення і застосування дренажних вод. Якщо зрошення проводиться промисловими стічними водами, необхідний контроль за вмістом хімічних речовин у стічних водах, токсичних речовин у рослинах, ґрунті та ґрунтових водах.

Експлуатація споруд ґрунтової очистки стічних вод передбачає відсутність забруднення потоку ґрунтових вод. Якщо ґрунтові води забруднюються, треба виявити межі розповсюдження цього забруднення. Для цього пробурюють чотири ряди свердловин, щоб можна було судити про поширення забруднення у всі боки, і відбирають проби на хімічний аналіз. Як індикатор можна використати флюоресцеїн, за наявності мізерних кількостей якого вода починає опалесциувати.

Використання ґрунтових методів очистки виробничих стічних вод вимагає вивчення екологічного і санітарно-епідеміологічного стану навколишнього середовища. Для попередження міграції шкідливих речовин в організм людини через забруднену воду, повітря і рослини проводяться гігієнічні та агрохімічні дослідження з обґрунтування допустимих концентрацій шкідливих речовин у поливній стічній рідині, питній воді, ґрунті й рослинах.

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

$$P = [(a - b) / a] \cdot 100, \quad (10.11)$$

де a - концентрація забруднюючих речовин у побутових стічних водах, які надходять на очистку, мг/л; b - концентрація забруднюючих речовин в очищеній (на виході) стічній рідині, мг/л.

Ефект очистки розраховується в першу чергу для показників, які є специфічними для даної споруди (табл. 10.9).

10.4. Дослідження стічних вод і гігієнічна оцінка їх якості після очистки

Відбір проб на очисних спорудах. При відборі проб стічних вод необхідно виключити можливість отримання випадкового результату, пов'язаного з коливаннями складу і витрати стічних вод. Якщо утворення стічних вод на об'єкті відбувається рівномірно за часом, то відбирають середні проби, які можуть бути середньозмінними чи середньодобовими. Для отримання середньої проби відбирають через кожну годину рівні кількості стічної рідини (250-300 мл). За відсутності помітних відхилень у складі окремих порцій середньодобова (середньозмінна) проба отримується 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 одержують як середньоарифметичне.

За умов нерегулярного утворення стічних вод беруть середньопорційні проби, тобто відбирають порції, які є пропорційними об'ємам стічних вод. Зокрема, якщо протягом першої години утворюється 300 м³ стічних вод, відбирають 0,3 л, протягом другої години - 600 м³, то 0,6 л і т.д. Середньопорційні проби зливають у велику чисту ємкість, зберігають протягом доби (краще за температури 4°C), потім старанно перемішують і відливають частину рідини (1-3 л) 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, крім дослідження їх самих, аналізують також склад річкової води з відбором проб: вище випуску, в місці повного перемішування і на 1 км вище найближчого пункту водокористування. Відбір проб виконують на середині річки і на відстані 3-5 м від берега з глибини 30-50 см. І періодичність досліджень

Таблиця 10.9. Ефективність очисники господарсько- побутових стічних вод на різних спорудах

Тип споруди	Ефективність очиски, % зниження					Характеристика стічної рідини після очиски		
	Завислі речовини	БСК ₅	Окисність	Кількість бактерій	Кількість яєць гельмінтів	Розчинений кисень, мг/л	Залишковий хлор, мг/л	Фізичні властивості води
Сита, ґрати, піскоуловлювачі	5-10	5-10	—	5-15	—	—	—	Вільна від крутих, плаваючих і завислих речовин і піску
	70-98	30	35	6-15	10-100	0	—	З легка опалесцирує, з окремими білими пластівцями
Двох'ярусний відстійник	50-70	25-30	—	—	70-90	0	—	Те саме
Відстійник (горизонтальний, вертикальний)	50-70	25-30	—	25-50	70-90	—	—	Те саме
Відстійник з пресуванням	65	35	—	30	—	—	—	—

Тип споруди	Ефективність очистки, % зниження					Характеристика стічної рідини після очистки		
	Завислі речовини	БСК ₅	Окисність	Кількість бактерій	Кількість яєць гельмінтів	Розчинений кисень, мг/л	Залишковий хлор, мг/л	Фізичні властивості води
Відстійник з біокоагуляцією	75	50	—	40	—	—	—	—
Біофільтр	70-92	70-90	70-65	80-95	—	4	—	Безколірна
Аеротенк	70-92	80-90	70-75	90-95	—	4	—	Те саме
Вторинний відстійник	80-95	85-95	—	90-98	—	4	—	—
Поля фільтрації чи зрошення	90-98	95-99	80-90	90-98	100	4	—	—
Хлорування після	—	15	—	90-95	—	—	3-5	—
Відстоювання	—	—	—	98-99	—	—	1-2	—
Хлорування після біологічної очистки	—	—	—	—	—	—	—	—
Якість води після штучної біологічної очистки	30	5-20	—	—	—	4	—	Безколірна, без неприємного запаху, не затвердіває при стоянні

визначається місцевими умовами, але не менше двох разів на сезон. Під час відбору проби встановлюють: температуру, 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 знімають шкребок, переносять у лабораторію в термосі, фіксують 4%-ним розчином формаліну для остаточного визначення видів. Бентос беруть з дна дночерпальником Екмана і промивають на ситі, щоб вивільнити від ґрунту. Проби, які містять моллюсків, фіксують етиловим спиртом, а інші - 4%-ним розчином формаліну. Зоопланктон концентрують фільтруванням через планктонну сітку і фіксують на місці 2%-ним розчином формаліну. Фітопланктон враховують лише влітку. Для фіксації до 500 мл води додають 20 мл 40 % -ного розчину формаліну.

До відібраних проб стічної чи природної води додають супроводжувальний бланк, де вказують: 1) місце відбору проби; 2) характер проби (разова, середня, середньопропорційна); 3) визначення, які виконано при відборі проби (температура, запах, колірність, прозорість, зовнішній вигляд); 4) програму аналізу; 5) дату відбору; 6) метод консервування; 7) посаду і підпис особи, яка відбрала пробу.

У стічній рідині визначають температуру, запах, прозорість, завислі частки та основні речовини, втрату при прокалюванні, БСК₅, ХСК після відстоювання проби протягом 2 год - азот-нітратів і нітритів, хлориди, перманганатну окисність, БСК₅, фосфати, загниваємість; 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, освітлення тощо.

Проби осаду стічних вод змішують пропорційно кількості вивантаженого осаду і після визначення вологості підсушують. Сухий залишок збирають протягом 10 днів в одну банку з кришкою. Перед дослідженням його подрібнюють і пересіюють через сито з діаметром отворів 2-3 мм.

Проби активного мулу фільтрують у вакуумі на лійці Бюхнера через тонкі шари вати чи марлі. Після фільтрації активний мул з вологістю близько 85-90 % розподіляють тонким шаром на склі і підсушують на водяній бані чи у сушильній шафі. Повітряно-сухий мул розтирають у ступці, пропускають через сито (діаметр отворів 0,5 мм) і після додаткового розтирання - через сито з отворами 0,25 мм. Подальша обробка осаду чи мулу здійснюється однаково. Пробу масою 20-40 г розподіляють тонким шаром на аркуші глянцевого паперу, старанно перемішують скляною паличкою і розрівнюють тонким шаром у формі квадрата. По діагоналі ділять пробу на чотири трикутники, малі проби з двох протилежних трикутників відкидають, а ті, що лишилися, знову перемішують і ділять, і так продовжують доти, поки не залишиться 5-6 г. З проби, що лишилася, беруть 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. Наприклад, залежно від об'єкта досліджень визначають специфічні показники оцінки ефективності роботи різних очисних споруд, які наведено у табл. 10.9 і 10.10.

Показники, які наведено, треба враховувати при вивченні ефективності роботи тих чи інших споруд. Включення в програму додаткових показників вимагається в аварійних випадках. За епідемічними показниками дослідження провадиться на всіх етапах очистки (наявність патогенних мікроорганізмів). Хімічні речовини більш детально вивчають 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, нітритів, нітратів, перманганатна окисність, біхроматна окисність (ХСК), біохімічне споживання кисню (БСК₅, БСК₂₀), відносна стабільність, розчинений кисень, хлориди, фосфати, фториди, вільний хлор, специфічні інгредієнти, які характеризують присутність промислових стічних вод, - залізо, мідь, хром, цинк, свинець, СПАР, мікробне число, колі-індекс.

Таблиця 10.10. 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 двох'ярусні відстійники	Стічна рідина до і після виходу із споруди	Прозорість, об'єм і маса завислих часток, кількість яєць гельмінтів
Поля зрошування і фільтрації	Стічна рідина та її фільтрат	БСК, ХСК, азот амонійний, нітратів, нітритів, перманганатна окисність
Біологічні ставки	Вода ставків у напрямку руху стічних вод	БСК, перманганатна окисність, ХСК, азот амонійний, нітратів, нітритів, розчинений кисень
Споруди штучної біологічної очистки	Стічна рідина після виходу з первинних відстійників і біологічно очищена стічна рідина	БСК, ХСК, перманганатна окисність, азот амонійний, нітратів, нітритів, розчинений кисень
Споруди по знезараженню стічних вод	Стічна рідина до і після знезараження	Мікробне число, колі-індекс, залишковий хлор

за епідемічними показниками виявляють наявність патогенних мікроорганізмів.

Повний аналіз стічних вод виконують при надходженні їх на очисну станцію і після всіх етапів очистки, а також аналізують воду водних об'єктів, у які 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 здійснюють щоденно для оперативного відомчого контролю за роботою очисних споруд і позапланових (за показаннями) досліджень СЕС. Він включає такі визначення: прозорість, рН, об'єм і маса завислих і осідаючих речовин, їх втрата при прокалюванні, розчинений кисень (очищена вода), БСК, ХСК, мікробне число, колі-індекс, яйця гельмінтів, наявність патогенних мікроорганізмів за епідемічними показниками, хімічні речовини, які скидаються із стічними водами конкретного 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 аналізують осад і мул при кожному завантаженні і вивантаженні метантенків.

Якісний аналіз газу роблять раз на місяць для визначення співвідношення метану, водню, кисню, азоту, сірководню.

Поточний відомчий лабораторний контроль за роботою аеротенків, крім дослідження стічних вод, що надходять і після очистки, включає щоденний контроль дози активного мулу (г/л і відсоток за об'ємом) і вмісту розчиненого кисню в очищеній воді (один-два рази на добу). Якість мулу контролюють, визначаючи два рази на декаду муловий індекс, швидкість осадження, кількість найпростіших організмів, потребу активного мулу в кисні. Крім того, раз на місяць встановлюють гігроскопічну 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 очистки. Щоб виконати таку оцінку представникам санітарної служби треба 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. Наприклад, якщо при санітарному обстеженні водойми виявлено велику кількість плаваючих домішок, високу каламутність і низьку прозорість, неприємний запах, то вже можна

зробити попередній висновок про забруднення водного об'єкта. Кількісну характеристику цього забруднення можна скласти після лабораторного аналізу.

Гігієнічна оцінка якості стічних вод, або, як говорять у санітарній практиці, "читання аналізу", складається з ряду етапів.

Перший етап - встановлення виду стічних вод. Треба розрізняти такі види стічних вод: господарсько-побутові, виробничі, зливові. Окремо розглядається вода водного об'єкта, в який скидаються стічні води. За глибиною очистки виділяють стічні води, які пройшли механічну обробку і біологічну очистку, доочистку і знезараження. Визначення виду стічних вод важливо тому, що їхній якісний склад має специфічні особливості (табл. 10.11).

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

Другий етап - встановлення необхідного об'єму досліджень 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 треба мати дані санітарного обстеження і результати аналізів про наявність патогенних 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

Таблиця 10.11. Склад різних видів стічних вод і приблизна концентрація забруднюючих речовин

Вид стічних вод	Завислі речовини, мг/л	Азот амонійний, мг/л	Азот нітритів, мг/л	Азот нітратів, мг/л	БСК ₅ , мг О ₂ /л	ХСК, мг О/л	Мікробне число, тис	Колі-титр
Побутові за норми водокористування 200 л/добу	300-500	15-40	0	0	175-200	300-400	500-1000	10 ⁶
Промислові	Якісний склад стічних вод залежить від галузі промисловості							
Злигові	15-16 000	1-5	0	0	10-300	20-500	1-1000	10 ⁻⁵
Побутові гієлі механічної очистки	90-100	10-20	0-0,5	0-1,5	120-140	200-300	120-150	10 ⁻⁵
Побутові гієлі біологічної очистки	10-15	0,1-1,0	0,2-1,0	5-15	115-120	30-50	10-15	10 ^{-3-10⁻⁴}
Побутові гієлі третинної очистки	1-3	0-0,1	0	3-5	2-5	10-15	1-2	10 ⁻²
Побутові гієлі знезараження	10-15	0,1-1,0	0,2-1,0	5-10	10-15	20-40	0,1-0,5	1

зрошення сільгоспугідь необхідно мати дані аналізів, виконаних з 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 чи 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 (органолепними), 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.

Для прикладу наведемо зразок заключення про можливість будівництва бази відпочинку на березі річки, вміщеного у робочий зономатриці Є.І.Гончарука та ін. (1990).

Приклад заключення. На березі річки Бистої планується будівництво бази відпочинку. На місці, де передбачається розміщення бази зроблено обстеження річки з метою оцінки її санітарного стану, визначення можливості використання в оздоровчих цілях. Виявлено наявність на поверхні води плівки нафтопродуктів і мінеральних масел, запахів нафтопродуктів інтенсивністю понад 3 бали. Річка на ділянці обстеження судноплавна, вище за течією річки, в 5 км від місця обстеження, знаходиться стоянка моторних човнів і катерів, на якій відсутні спеціальні ємкості для збирання відпрацьованих масел. А в 1 км міститься випуск механічно очищених побутових стічних вод населеного пункту Лісовий. Споруди механічної очистки влаштовані й експлуатуються правильно. Середні дані лабораторного аналізу трьох проб води, відібраних влітку в створі річки вниз за течією на 1 км, показали, що у воді річки містяться завислі частки кількістю 10 мг/л (вище пристані 10,0 мг/л), температура води +20°C, рН 7,0.

забарвлення відсутнє, розчинений кисень $2,0 \text{ мг/л}$, БСК₂₀ $8 \text{ мгO}_2/\text{л}$, ХСК $12 \text{ мгO}/\text{л}$, азот амонійний $3,2 \text{ мг/л}$, азот нітритів $0,1 \text{ мг/л}$, азот нітратів $1,5 \text{ мг/л}$, мікробне число $55\,000$, колі-титр 10^{-4} . Гідробіологічний аналіз показав наявність різноманітних водоростей, інфузорій, коловороток.

Перевірка повноти наданих матеріалів свідчить, що в аналізі містяться необхідні дані санітарного обстеження і лабораторного дослідження води річки в об'ємі, достатньому для оцінки її санітарного стану. Якби річка в наміченому створі вибиралася для джерела водопостачання, необхідні були б дані аналізів за останні три роки (не менше 12 проб на рік).

Дані санітарного обстеження свідчать, що вода річки в обстеженому місті може забруднюватися в результаті скидання біологічно неочищених стічних вод, а також внаслідок використання її для судноплавства і наявності незадовільно обладнаної стоянки для моторних човнів і катерів. Лабораторний аналіз проб свідчить також про забруднення річки. За органолептичними показниками якість води річки не відповідає вимогам, які висуваються СанПіН 4630-88 до водойм другої категорії (наявність плівки, плаваючих домішок і запаху інтенсивністю 3 бали). Хімічні показники також свідчать про забруднення річки. Присутність амонійного азоту, нітритів і нітратів вказує на інтенсивні процеси біологічного окиснення органічних речовин.

Бактеріологічний аналіз підтверджує наявність забруднення річки побутовими стічними водами (колі-титр у воді річки лише в 200 разів вищий початкового вмісту в побутових стічних водах).

Результати гідробіологічного аналізу свідчать про інтенсивні процеси самоочищення в річці. Оцінка річки з погляду зон сапробності дозволяє її віднести до бета-сапробної зони (значний вміст різноманітних гідробіонтів у вигляді інфузорій, коловороток та ін.).

Таким чином, якість води річки не відповідає вимогам, що висуваються СанПіН 4630-88 до водойм другої категорії водокористування. Ділянку для будівництва бази відпочинку треба вибрати вище місця випуску стічних вод у річку або набагато нижче (20 км), де якість води, як показали додаткові дослідження, відповідає санітарно-гігієнічним вимогам. Погодитися з будівництвом бази відпочинку в даному місці можна лише після того, як будуть збудовані очисні споруди для біологічної очистки і знезараження стічних вод, які скидаються в річку населеним пунктом Лісовий.

11. РОЗРАХУНКИ УМОВ ВИПУСКУ СТІЧНИХ ВОД У ВОДНІ ОБ'ЄКТИ

11.1. Показники шкідливості речовин у воді

Нормування шкідливих речовин у воді водних об'єктів, згідно з СанПіН 4630-88, виконується за трьома головними показниками шкідливості: органолептичним, загальносанітарним і санітарно-токсикологічним.

Показник шкідливості, який характеризується найменшою пороговою величиною, називається *лімітуючим*. Наприклад, за концентрації фтору 5 мг/л і вище порушується хід процесів самоочищення водних об'єктів, за концентрації 2,5 мг/л змінюються органолептичні властивості води і за концентрації понад 1,5 мг/л вже проявляються токсичні властивості фтору. Таким чином, лімітуючим показником для фтору буде санітарно-токсикологічний показник шкідливості. Концентрація, за якої шкідливий вплив речовини за лімітуючим показником шкідливості ще не проявляється, називається гранично-допустимою концентрацією (ГДК). ГДК встановлено за лімітуючими ознаками шкідливості: санітарно-токсикологічна, загальносанітарна, органолептична.

Усі речовини поділяються на чотири класи небезпечності: I - надзвичайно небезпечні; II - високонебезпечні; III - небезпечні; IV - помірно небезпечні. В основу класифікації покладено показники, що характеризують різний ступінь небезпечності для людини хімічних сполук, які забруднюють воду, залежно від токсичності, кумулятивності, здатності викликати віддалені ефекти, лімітуючого показника шкідливості. Усього СанПіН 4630-88 лімітують вміст у поверхневих водах 1345 речовин за ГДК чи ОДР (орієнтовно допустимі рівні).

Умови випуску стічних вод визначаються з урахуванням: 1) ступеня їх можливого змішування і розведення з водою водного об'єкта на шляху від місця випуску до створу, розташованого на 1 км вище найближчого пункту господарсько-побутового чи рибогосподарського водокористування; 2) якості води водного об'єкта вище місця запроектованого скидання стічних вод.

Методика розрахунку умов випуску стічних вод у водний об'єкт включає: 1) ознайомлення з матеріалами, які характеризують стічні води, що скидаються (об'єм, склад, властивості стічних вод і режим

скидання); 2) ознайомлення з матеріалами, які характеризують водний об'єкт (витрата води, її хімічний склад і властивості за сезонами року, швидкість течії, умови перемішування, тривалість післяльодового періоду, характер використання водойми нижче місця скидання стічних вод); 3) перевірку ступеня змішування і розведення стічної рідини водою водного об'єкта біля пункту водокористування; 4) перевірку окремих показників якості стічних вод, що випускаються у водний об'єкт; 5) перевірку в умовах поточного санітарного нагляду відповідності розрахункових величин фактичним та вивчення впливу випуску стічних вод на якість води у водному об'єкті, а в окремих випадках і на здоров'я людей (Є.І.Гончарук, 1990).

11.2. Визначення кратності розведення

Кратність розведення показує, у скільки разів стічні води, що надходять, розбавляються водою річки за час руху від місця випуску до створу, розташованого на 1 км вище пункту водокористування. Знаючи кратність розведення та початкову концентрацію стічних вод, можна орієнтовно встановити ступінь забруднення річки, а також визначити якість стічних вод за органолептичними показниками.

Формула для розрахунку кратності розведення у річці n така

$$n = (Q \cdot Z \cdot g) / g, \quad (11.1)$$

де Q - найменша середньогодинна витрата води річки у самий маловодний місяць року з 95 %-ною забезпеченістю стоку, визначається за даними гідрометеослужби; g - середньогодинна витрата стічних вод, яка визначається за технологічними розрахунками і спеціальними замірами; z - коефіцієнт змішування, що показує, яка частина води Q річки бере участь у розведенні стічних вод g . Якщо вся вода річки розбавляє стічні води, то $z = 1$, у всіх інших випадках $z < 1$.

Коефіцієнт z розраховується за формулою

$$Z = (1 - \beta) / [1 + (Q/g) \cdot g]. \quad (11.2)$$

Проміжний коефіцієнт β у наведеній вище формулі визначають

$$\beta = 1 - \alpha \sqrt{L}, \quad (11.3)$$

де L - відстань за фарватером від місця випуску стічних вод до створу найближчого пункту водокористування; α - коефіцієнт, який враховує гідравлічні умови змішування, визначається за формулою

$$\alpha = T \cdot I \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{g}} \quad (11.4)$$

де T - коефіцієнт, значення якого залежить від місця випуску стічних вод у річку (при випуску біля берега він дорівнює 1, при випуску в стрижні річки - 1,5); I - коефіцієнт звивистості річки, який дорівнює відношенню відстані за фарватером від місця випуску стічних вод до створу найближчого пункту водокористування L_{ϕ} до відстані до цього ж пункту по прямій $L_{\text{прям}}$, тобто $I = L_{\phi} / L_{\text{прям}}$; E - коефіцієнт турбулентної дифузії, який для рівнинних річок визначається за формулою

$$E = (V_{\text{сер}} \cdot H_{\text{сер}}) / 200, \quad (11.5)$$

де $V_{\text{сер}}$ - середня швидкість течії на ділянці між випуском стічних вод і створом пункту водокористування, м/с; $H_{\text{сер}}$ - середня глибина річки на тій самій ділянці, м.

Виконуючи розрахунки, спочатку визначають E , α , β і лише потім z . Вказані розрахунки легше проводити, якщо користуватися табл. 11.1 для визначення характеристики залежно від числового значення α .

У водосховищі, в яке скидаються стічні води, розведення проходить у дві стадії: початкове розведення n_n - безпосередньо біля випуску стічних вод у водойму та основне розведення n_o внаслідок перемішування стічних вод з водою водосховища. Тоді повне розведення: $n_{\text{пов}} = n_n \cdot n_o$.

Для розрахунку початкового розведення стічних вод користуються двома формулами. За поверхневого випуску

$$n_n = (g + 0,0118 \cdot H_{\text{сер}}^2) / (g + 0,0118 \cdot H_{\text{сер}}^2), \quad (11.6)$$

де g - витрата стічних вод, м³/с; $H_{\text{сер}}$ - середня глибина водосховища у створі випуску стічних вод, яку визначено проміром глибин на ділянці від берега до 250 м у бік акваторії.

Після обчислення початкового розведення повне розведення визначають за номограмою (рис.11.1). Для цього на осі абсцис знаходять точку, яка відповідає відстані L від місця випуску стічних вод до найближчого прибережного населеного пункту. З цієї точки опускають вертикальну лінію до перетину з похилою лінією $H_{\text{сер}}$, яка відповідає $H_{\text{сер}}$. З точки перетину проводять горизонтальну лінію до перетину з похилою лінією, яка відповідає n_n ; далі продовжують вертикальну лінію до перетину з верхньою абсцисою. Точка перетину буде показувати величину повного розведення $n_{\text{пов}}$.

Таблиця 11.1. Числові значення величини $1 - \alpha \sqrt[3]{L}$ залежно від $\alpha \sqrt[3]{L}$

$\alpha \sqrt[3]{L}$	$1 - \alpha \sqrt[3]{L}$	$\alpha \sqrt[3]{L}$	$1 - \alpha \sqrt[3]{L}$	$\alpha \sqrt[3]{L}$	$1 - \alpha \sqrt[3]{L}$	$\alpha \sqrt[3]{L}$	$1 - \alpha \sqrt[3]{L}$	$\alpha \sqrt[3]{L}$	$1 - \alpha \sqrt[3]{L}$
0,50	0,614	1,15	0,317	2,55	0,0781	3,95	0,0194	5,7	0,00337
0,52	0,595	1,20	0,301	2,60	0,0745	4,00	0,0184	5,8	0,00304
0,54	0,583	1,25	0,286	2,65	0,0709	4,05	0,0175	5,9	0,00276
0,56	0,571	1,30	0,272	2,70	0,0675	4,10	0,0167	6,0	0,00249
0,58	0,560	1,35	0,259	2,75	0,0644	4,15	0,0159	6,1	0,00224
0,60	0,549	1,40	0,251	2,80	0,0610	4,20	0,0151	6,2	0,00204
0,62	0,538	1,45	0,235	2,85	0,0580	4,24	0,0144	6,3	0,00185
0,64	0,528	1,50	0,223	2,90	0,0552	4,30	0,0138	6,4	0,00167
0,66	0,517	1,55	0,212	2,95	0,0525	4,35	0,0130	6,5	0,00151
0,68	0,507	1,60	0,202	3,00	0,0500	4,40	0,0123	6,6	0,00138
0,70	0,497	1,65	0,192	3,05	0,0477	4,45	0,0118	6,7	0,00124
0,72	0,487	1,70	0,183	3,10	0,0454	4,50	0,0122	6,8	0,00112
0,74	0,477	1,75	0,174	3,15	0,0430	4,55	0,0107	6,9	0,00102
0,76	0,468	1,80	0,165	3,20	0,0408	4,60	0,0101	7,0	0,00092
0,78	0,459	1,85	0,159	3,25	0,0389	4,65	0,00196	7,1	0,00083
0,80	0,450	1,90	0,155	3,30	0,0371	4,70	0,00915	7,2	0,00076
0,82	0,441	1,95	0,144	3,35	0,0352	4,75	0,00872	7,3	0,00068
0,84	0,433	2,00	0,136	3,40	0,0335	4,80	0,00830	7,4	0,00062
0,86	0,424	2,05	0,129	3,45	0,0319	4,85	0,00791	7,5	0,00056
0,88	0,416	2,10	0,123	3,50	0,0303	4,90	0,00749	7,6	0,00050
0,90	0,407	2,15	0,117	3,55	0,0289	4,95	0,00717	7,7	0,00046
0,92	0,399	2,20	0,111	3,60	0,0275	5,00	0,00675	7,8	0,00042
0,94	0,392	2,25	0,106	3,65	0,0262	5,1	0,00614	7,9	0,00037
0,96	0,384	2,30	0,1005	3,70	0,0249	5,2	0,00555	8,0	0,00034
0,98	0,376	2,35	0,0958	3,75	0,0236	5,3	0,00503	8,5	0,000204
1,00	0,368	2,40	0,0911	3,80	0,0225	5,4	0,00457	9,0	0,000124
1,05	0,350	2,45	0,0865	3,85	0,0214	5,5	0,00416	9,5	0,000076
1,10	0,333	2,50	0,0824	3,90	0,0204	5,6	0,00372	10,0	0,000046

За глибинного випуску стічних вод:

$$n_{\text{н}} = (g + 0,0087 \cdot H_{\text{сеп}}^2) / (g + 0,000435 \cdot H_{\text{сеп}}^2), \quad (11.7)$$

Для цього випадку повне розведення $n_{\text{пов}}$ визначають за номограмою (рис.11.2) таким чином: на осі абсцис знаходять точку, яка відповідає відстані від випуску до берега. З цієї точки опускають вертикальну лінію до перетину з кривою $H_{\text{с}}^2$, яка відповідає середній глибині $H_{\text{сеп}}$. З точки перетину проводять горизонтальну лінію до перетину з похилою лінією, що відповідає $n_{\text{н}}$; далі вертикальну лінію продовжують до перетину з верхньою абсцисою. Точка перетину буде показувати величину повного розведення $n_{\text{пов}}$.

Повне розведення

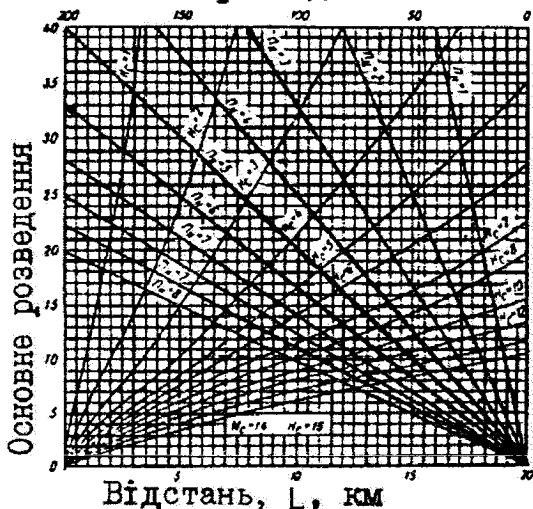


Рис. 11.1 Номограма для визначення повного розведення стічних вод при випуску в поверхневий шарі водосховища

Усі математичні розрахунки у випуску стічних вод у водні об'єкти ґрунтуються на такому положенні: дотримання гігієнічних вимог якості води водного об'єкта, необхідні, щоб при випуску стічних вод у водний об'єкт сума забруднення кожному показнику (забруднення в водного об'єкта) спуску стічних вод дорівнює $Q \cdot z$ привнесене стічними водами ста-

вить $g \cdot C_{ст}$) не перевищувало допустимого вмісту, нормованого СанПі у всьому об'ємі води, яка протікає через створ, розташований на 1 вище пункту водокористування

$$(Q \cdot z + g) \cdot C_{ГДК} \cdot \quad (11.8)$$

Це положення можна записати у вигляді такої формули

$$g \cdot C_{ст} + Q \cdot z \cdot C_p \leq (Q \cdot z + g) \cdot C_{ГДК}, \quad (11.9)$$

де Q і g - відповідно витрати води річки і стічних вод, які надходять у річку, m^3/c ; $C_{ст}$ - допустима концентрація забруднюючої речовини в стічних водах, mg/l ; C_p - концентрація цієї самої речовини у воді річки у створі вище місця випуску стічних вод, mg/l ; z - коефіцієнт змішування; $C_{ГДК}$ - ГДК шкідливої речовини у воді річки (після змішування із стічними водами).

Після перетворення наведеного вище виразу отримаємо

$$C_{ст} = \frac{Q \cdot z}{g} \cdot (C_{ГДК} - C_p) + C_{ГДК} \quad (11.10)$$

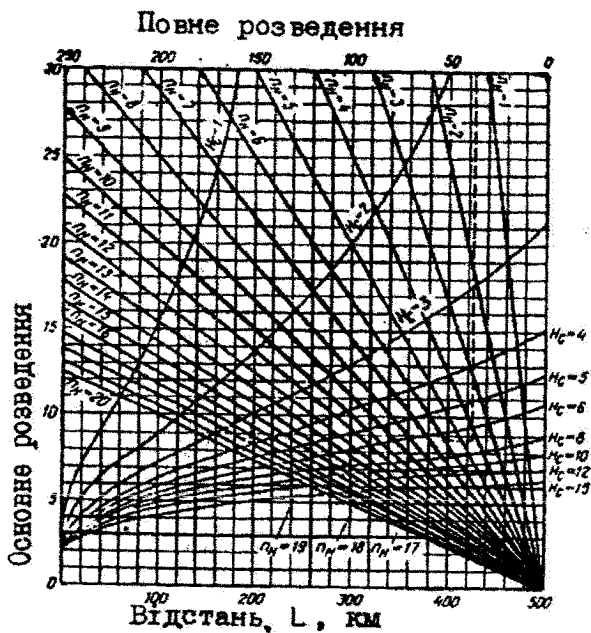


Рис. 11.2. Номограма для визначення повного розведення стічних вод при випуску в глибокі шарі водосховища

Таким чином, за цієї формулою розраховують, за якої концентрації забруднюючої речовини стічні води у кількості g може бути випущено у даний водотік з витратою води Q за коефіцієнта змішування n з безпорушення вимог СанПіН.

11.3. Розрахунок умов випуску стічних вод за загальносанітарними показниками шкідливості й реакцією води

Розрахунок умов випуску стічних вод за величиною БСК. Обчислюючи граничні величини БСК (біохімічне споживання кисню) стічних вод, необхідно враховувати, що за час руху суміші річкових і стічних вод від місця випуску стічних вод до місця водокористування частина органічних речовин окиснюється. Швидкість споживання кисню органічними речовинами у процесі їх окиснення у річці характеризується константою швидкості окиснення K . Вона змінюється залежно від температури води, якості органічних речовин та інших обставин. Значення константи K за різних температур води

наведено в табл. 11.2. При випуску побутових стічних вод К може бути прийнята рівною 0,1.

Таблиця 11.2. Значення константи швидкості процесів окиснення за різних температур

Т°С	К	Т°С	К	Т°С	К	Т°С	К
0	0,04	12	0,07	20	0,10	26	0,13
5	0,05	15	0,08	22	0,11	28	0,14
9	0,06	18	0,09	24	0,12	29	0,15

За умови, що в річці відбуваються процеси окиснення органічних речовин, БСК води через деякий час буде меншим від початкового

$$БСК_t = БСК_0 \cdot 10^{-Kt}, \quad (11.11)$$

де $БСК_t$ - потреба у кисні суміші річкової води й стічних вод у створі, якого суміш досягла за t днів (t - час, за який вода пройшла до розрахункового пункту водокористування); $БСК_0$ - потреба у кисні суміші річкової води і стічних вод у районі їх випуску у водойму; 10^{-Kt} - коефіцієнт, який характеризує швидкість окиснення органічних речовин у воді (табл. 11.3).

Таблиця 11.3. Значення величини 10^{-Kt} при змінних К і t_{доб}

К	t								
	0,25	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0
0,04	0,977	0,955	0,912	0,871	0,832	0,794	0,759	0,692	0,031
0,06	0,966	0,933	0,871	0,813	0,759	0,708	0,661	0,575	0,501
0,08	0,955	0,912	0,832	0,759	0,692	0,631	0,575	0,479	0,398
0,10	0,944	0,891	0,794	0,708	0,631	0,572	0,501	0,398	0,316
0,12	0,933	0,871	0,759	0,661	0,575	0,501	0,436	0,331	0,251
0,14	0,922	0,851	0,724	0,617	0,525	0,477	0,322	0,275	0,200
0,16	0,912	0,832	0,692	0,575	0,479	0,398	0,331	0,229	0,159
0,18	0,903	0,823	0,661	0,537	0,437	0,355	0,288	0,191	0,126
0,20	0,891	0,794	0,631	0,501	0,393	0,316	0,251	0,158	0,100
0,22	0,881	0,776	0,603	0,468	0,363	0,283	0,219	0,132	0,079
0,24	0,871	0,759	0,575	0,437	0,331	0,251	0,191	0,110	0,063
0,26	0,861	0,741	0,550	0,407	0,302	0,224	0,166	0,91	0,050
0,28	0,851	0,724	0,525	0,380	0,275	0,199	0,145	0,076	0,050
0,30	0,841	0,708	0,501	0,355	0,351	0,178	0,126	0,063	0,032
0,40	0,794	0,631	0,398	0,251	0,158	0,100	0,063	0,025	0,010
0,50	0,750	0,565	0,316	0,178	0,100	0,056	0,032	0,010	0,003

Згідно з вимогами СанПіН у пункті водокористування БСК залежні від цілей використання водойми має бути не більше 3 чи 6 $\text{мгО}_2/\text{л}$ (БСК_г). Знаючи цю величину і використовуючи формулу, можна обчислити граничну величину БСК суміші річкової води і стічних вод біля місця випуску стічних вод (БСК_о)

$$\text{БСК}_o = \frac{\text{БСК}}{10^{Kt}} \quad (11.12)$$

Очевидно, що сумарне БСК усього об'єму суміші річкової води і стічних вод біля місця випуску складається з сумарного БСК усього об'єму стічних вод і сумарного БСК усього об'єму річкової води:

$$g \cdot \text{БСК}_{\text{ст}} + Q \cdot z \cdot \text{БСК}_p = (Q \cdot z + g) \cdot \text{БСК}_o, \quad (11.13)$$

звідки

$$\text{БСК}_{\text{ст}} = \frac{Q \cdot z}{g} \cdot (\text{БСК}_o - \text{БСК}_p) + \text{БСК}_o \quad (11.14)$$

Якщо враховувати природні процеси самоочищення водного об'єкта, то наведена формула (11.14) матиме вигляд (замість БСК_о підставимо $\text{БСК}_g/10^{-Kt}$)

$$\text{БСК}_{\text{ст}} = \frac{Q \cdot z}{g} \cdot \left(\frac{\text{БСК}_g}{10^{-Kt}} - \text{БСК}_p \right) + \frac{\text{БСК}_g}{10^{-Kt}} \quad (11.15)$$

чи

$$\text{БСК}_{\text{ст}} = \frac{Q \cdot z \cdot (\text{БСК}_g - \text{БСК}_p \cdot 10^{-Kt})}{g \cdot 10^{-Kt}} + \frac{\text{БСК}_g}{10^{-Kt}} \quad (11.16)$$

де БСК_{ст} - допустима величина БСК стічних вод, за якої випуск стічних вод у річку не призведе до підвищення БСК_г суміші річкової води із стічними водами більше, ніж до 3 - 6 $\text{мгО}_2/\text{л}$; Q і g - витрати води річки і стічних вод, $\text{м}^3/\text{с}$; z - коефіцієнт змішування; БСК_г - гранично-допустима величина БСК суміші річкової води із стічними водами біля пункту водокористування (3 - 6 $\text{мгО}_2/\text{л}$); БСК_р - БСК річкової води вище випуску стічних вод.

Цим способом рекомендується виконувати обчислення у разі, коли відстань від місця випуску стічних вод до пункту водокористування є достатньо великою і за цей час відбувається повне змішування води. Якщо ж відстань між місцем випуску стічних вод і пунктом

водокористування незначна і води проходять його за кілька годин, то при розрахунках можна не брати до уваги процеси самоочищення (вони практично не відбуваються). У цьому разі для розрахунків використовують наступну більш просту формулу

$$\text{БСК}_{\text{ст}} = \frac{Q \cdot z}{g} \cdot (\text{БСК}_t - \text{БСК}_p) + \text{БСК}_t \quad (11.17)$$

Розрахунок умов випуску стічних вод за розчиненням киснем. За низької температури води у річці, відсутності льодового покриву і наявності реаерації спостерігається збільшення вмісту розчиненого кисню. З підвищенням температури води відзначається зворотний зв'язок. Вода вважається насиченою киснем, якщо останній міститься в ній у межах його розчинності за даної температури й тиску (табл. 11.4).

Таблиця 11.4. Розчинність кисню в 1 л води за різних температур і тиску 760 мм рт. ст.

Т°С	О ₂ , мг	Т°С	О ₂ , мг	Т°С	О ₂ , мг
1	14,23	11	11,08	21	8,89
2	13,84	12	10,83	22	8,83
3	13,48	13	10,60	23	8,68
4	13,13	14	10,37	24	8,53
5	12,18	15	10,15	25	8,39
6	12,48	16	9,95	26	8,22
7	12,17	17	9,74	27	8,07
8	11,87	18	9,64	28	7,92
9	11,59	19	9,35	29	7,77
10	11,33	20	9,17	30	7,63

Поглинання кисню органічними речовинами зменшує вміст його у воді. Різниця між кількістю кисню за повного і фактичного насичення називається *дефіцитом кисню* D_0 і виражається в мг/л чи відсотках величини повного насичення.

Зміна температурного режиму води впливає і на швидкість окиснення органічних забруднюючих речовин та швидкість реаерації. За зниження температури води відбувається гальмування процесів біохімічного окиснення забруднюючих речовин і збільшується вміст розчиненого кисню, за підвищення температури спостерігається зворотний зв'язок. Тому кисневий режим річки частіше порушується

за більш високих температур води чи за повного припинення процесів реаерації.

За нагрдження у річку промислових стічних вод, що містять мідь, цинк, нікель, кобальт, кадмій тощо, спостерігаються незначні величини БСК стічних вод і води річки внаслідок гальмування біохімічних процесів самоочистки. Тому відзначається великий вміст кисню, незважаючи на інтенсивне забруднення водою органічними речовинами.

Розрахунок умов випуску стічних вод за розчиненим киснем у санітарній практиці виконують таким чином

$$\text{БСК}_{\text{ст}} = 2,5 \cdot \frac{Q \cdot z}{g} \cdot (O_2 - 0,4 \cdot \text{БСК}_p - 4) - 10, \quad (11.18)$$

де $\text{БСК}_{\text{ст}}$ - допустима концентрація органічних речовин у стічних водах; БСК_p - вміст органічних речовин у воді водойми до випуску стічних вод; O_2 - вміст розчиненого кисню в річковій воді до випуску стічних вод; 0,4 - коефіцієнт для перерахунку повного споживання кисню у дводобове; 4 - допустимий найменший вміст розчиненого кисню у воді річки після випуску стічних вод; 10 - емпіричний коефіцієнт; Q - витрата води у річці, $\text{м}^3/\text{с}$.

Це рівняння складено з умовою, що увесь розчинений кисень у воді річки може бути витрачено на окиснення органічних забруднюючих речовин річкової та стічних вод ($\text{БСК}_p \cdot Q + \text{БСК}_{\text{ст}} \cdot g$) $\cdot 0,4$, щоб у перші дві доби найбільш інтенсивного споживання кисню його вміст у загальній суміші річкової та стічних вод був не менше 4 $\text{мг}/\text{л}$, як цього вимагають СанПіН. Такі розрахунки є правомірними для побутових стічних вод. Коли ж у річку надходять виробничі стічні води чи їх суміші з господарсько-побутовими стічними водами, умови випуску може бути розраховано, якщо експериментально визначено константу споживання кисню. Крім того, треба мати на увазі, що розрахунок умов випуску стічних вод за розчиненим киснем виконується для найбільш несприятливих гідрометеорологічних умов, за яких реаерація є практично відсутньою.

За розрахунку умов випуску стічних вод за допустимою у воді річки нормою БСК (3-6 $\text{мгO}_2/\text{л}$) і мінімально допустимою нормою розчиненого кисню (4 $\text{мг}/\text{л}$) з двох величин вибирають найменшу, яка дозволяє поставити більш жорсткі вимоги до ступеня очистки стічних

вод і гарантувати високу якість води у створі, який розташовано на км вище пункту водокористування.

Розрахунок умов випуску стічних вод за реакцією води (рН). Біля пунктів санітарно-побутового водокористування рН води водоймах повинен бути в межах 5,8-8,5. Для виконання цієї умов розраховують кількість кислоти чи лугу, яку може бути нейтралізовано бікарбонатами чи вільною вугільною кислотою, що міститься у вод річки. Розрахунок виконують за номограмою (рис. 11.3), яка дозволяє визначити X_k і X_n - кількість кислоти і лугу (у мілілітрах 1 моль/розчину), яку може бути нейтралізовано 1 л води річки за умови, що рН води залишиться в межах санітарних вимог (6,5-8,5). На номограмі суцільні криві - X_k , а пунктирні - X_n . Кожна з цих кривих відповідає певному значенню лужності води річки - B . На осі абсцис відкладають значення рН води тієї самої річки, а на осях ординат (ліворуч для X_n , праворуч для X_k) - кількості лугу і кислоти, які може бути скинуто річку.

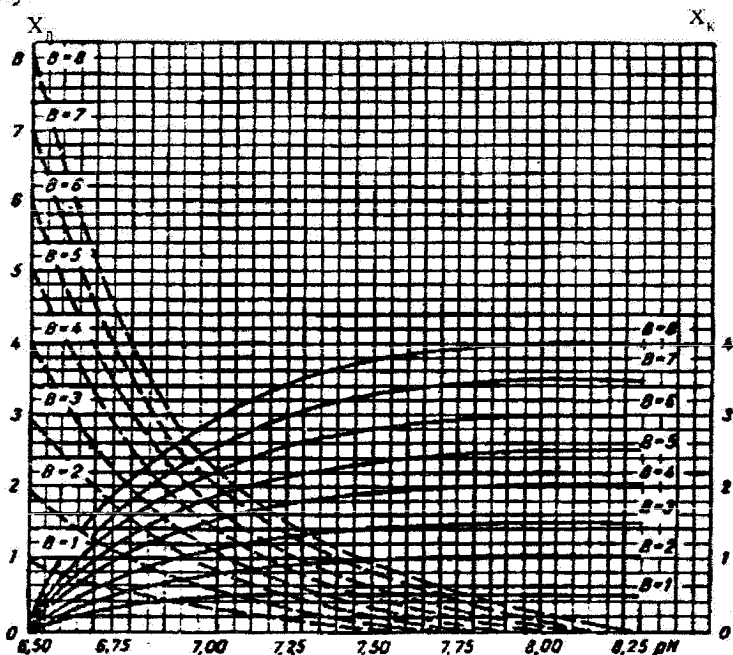


Рис. 11.3. Номограма для розрахунку умов випуску у водний об'єкт лужних (X_n) і кислих (X_k) стічних вод

Для визначення X_K і X_L на осі абсцис знаходять точку, яка відповідає рН води річки. З цієї точки опускають вертикальну лінію до перетину з кривою, що відповідає лужності води річки; з точки перетину проводять горизонтальну лінію на праву чи ліву вісь ординат.

Далі розраховують

$$C_{K_{ст}} = \frac{Q \cdot z}{g} \cdot X_K; \quad C_{L_{ст}} = \frac{Q \cdot z}{g} \cdot X_L \quad (11.19)$$

де $C_{K_{ст}}$ і $C_{L_{ст}}$ концентрація кислот і лугів у стічних водах, мл 1 моль/л розчину.

Розрахункові величини $C_{K_{ст}}$ і $C_{L_{ст}}$ порівнюють з фактичною концентрацією кисню чи лугу в стічних водах. Якщо фактична концентрація перевищує розрахункову, це означає, що стічні води підлягають нейтралізації перед випуском у річку до такого ступеня, щоб концентрація в них кислоти чи лугу не перевищувала розрахункових величин $C_{K_{ст}}$ і $C_{L_{ст}}$.

Якщо відома кількість кислоти чи лугу, яка буде надходити у річку, розрахунок виконують за формулами

$$C_{K_{ст}} = X_K \cdot \frac{M}{b} \cdot \frac{Q \cdot z}{1000} \cdot 86400, \quad (11.20)$$

$$C_{L_{ст}} = X_L \cdot \frac{M}{b} \cdot \frac{Q \cdot z}{1000} \cdot 86400, \quad (11.21)$$

де M - відносна молекулярна маса кислоти чи лугу; b - валентність кислоти чи лугу; Q - витрата води у річці, м³/с; z - коефіцієнт змішування.

11.4. Розрахунок умов випуску стічних вод за органолептичними властивостями природних вод

Допустима інтенсивність запаху стічних вод. Визначення виконують шляхом зіставлення величини розведення, необхідної для зникнення запаху стічних вод, з фактичною величиною розведення, знайденою розрахунковим шляхом.

Якщо необхідна величина розведення є меншою за фактичну, можна дозволити випуск таких стічних вод у дану річку. Наприклад, дослідним шляхом встановлено, що зменшення специфічного запаху виробничих стічних вод до 2 балів досягається при їх розведенні у 50 разів; фактична величина розведення стічних вод водою водного об'єкта в створі, який розташовано на 1 км вище пункту водокористування, становить 60. Відповідно умови випуску, регламентовані СанПіН, не будуть порушені.

Таким же чином визначають умови випуску у річки забарвлених стічних вод. Фактичне розведення повинно бути таким, щоб зникло забарвлення води у стовпчику висотою 20 чи 10 см (залежно від категорії водокористування).

Допустима температура стічних вод $T_{ст}$. Для визначення $T_{ст}$ використовують формулу

$$T_{ст} = \left(\frac{Q \cdot z}{g} + 1 \right) \cdot T_{доп} + T_p \quad (11.22)$$

де $T_{доп}$ - допустиме СанПіН підвищення температури води річки (не більше ніж на 3°C); T_p - максимальна температура води річки до випуску стічних вод у літній період.

Гранична концентрація сульфатів, хлоридів і твердого залишку в стічних водах $C_{ст}$. Розрахунок $C_{ст}$ (мг/л) виконують за формулою

$$C_{ст} = \frac{Q \cdot z}{g} \cdot (C_{гдж} - C_p) + C_{гдж} \quad (11.23)$$

де $C_{ст}$ - допустима концентрація мінеральних солей (хлоридів, сульфатів) чи твердого залишку в стічних водах, мг/л; $C_{гдж}$ - гранично-допустима кількість цих речовин у річці, мг/л; C_p - концентрація мінеральних солей у річковій воді на відстані 1 км вище місця випуску стічних вод, мг/л; Q - витрата води, $\text{м}^3/\text{с}$; g - витрата стічних вод, $\text{м}^3/\text{с}$; z - коефіцієнт змішування.

11.5. Розрахунок умов випуску стічних вод за концентрацією речовин, нормованих санітарно-токсикологічними ознаками шкідливості

Допустимий вміст токсичних речовин у стічних водах розраховують за формулою

$$C_{\text{ст}} = \frac{Q \cdot z}{g} \cdot (C_{\text{ГДК}} - C_p) + C_{\text{ГДК}} \quad (11.24)$$

За наявності у стічній воді одночасно двох чи більше шкідливих речовин треба з'ясувати лімітуючий показник шкідливості для кожної з них. При надходженні у водойми кількох речовин першого і другого класу небезпечності з однаковим лімітуючим показником шкідливості сума відношень концентрації кожної з речовин $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ до відповідних ГДК не повинна перевищувати одиниці

$$\frac{C_1}{\text{ГДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ГДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ГДК}_n} \leq 1 \quad (11.25)$$

Якщо лімітуючі показники є рівними, то допустиму концентрацію кожного з них у стічних водах розраховують так, як би це була одна речовина. У цьому разі при визначенні $C_{\text{ст}}$ для кожної речовини у формулі (11.23) для розрахунку необхідно поділити $C_{\text{ГДК}}$ на кількість діючих речовин. Для підприємств, які самостійно скидають стічні води у водні об'єкти (обминаючи систему водовідведення населених пунктів), встановлюються так звані гранично-допустимі скиди (ГДС).

Гранично-допустимий скид - це маса речовини у стічних водах, яка максимально допустима при водовідведенні за певним режимом у даному пункті водного об'єкта з метою забезпечення санітарно-гігієнічних норм якості води в пунктах водокористування. ГДС встановлюється з урахуванням ГДК хімічних речовин у місцях водокористування, асимілюючої здатності водного об'єкта і оптимального розподілу маси речовин між водокористувачами, які скидають стічні води.

Якщо скидаються речовини з однаковим лімітуючим показником шкідливості, ГДС встановлюється так, щоб з урахуванням домішок, що надходять у водойму чи водотік від розташованих вище випусків, сума відношень концентрацій кожної речовини у водному об'єкті до відповідних ГДК не перевищувала одиниці.

У виключних випадках, коли відсутні затверджені ГДК для якихось речовин, за узгодженням із санітарно-гігієнічними органами допускається тимчасове використання орієнтовних допустимих рівнів

вмісту хімічних речовин (ОДР). ОДР затверджується на період необхідний для проведення дослідження з наукового обґрунтування ГДК, але не більше ніж на три роки.

Величина ГДС (г/год) з урахуванням вимог до складу властивостей води у водних об'єктах для всіх категорій водокористування визначається за формулою

$$\text{ГДС} = g_{\text{ст}} \cdot C_{\text{ст}}, \quad (11.26)$$

де $g_{\text{ст}}$ - найбільша середньогодинна витрата стічних вод ($\text{м}^3/\text{год}$);
 $C_{\text{ст}}$ - концентрація речовин у стічних водах, $\text{г}/\text{м}^3$.

Треба пам'ятати, що скидання маси речовин, яке відповідає ГДС повинно здійснюватися за розрахункової витрати стічної води $g_{\text{ст}}$. Якщо зменшується витрата $g_{\text{ст}}$ при збереженні величини ГДС, то при цьому збільшується концентрація речовин у стічних водах порівняно з розрахунковою $C_{\text{ст}}$, що неприпустимо.

Для підприємств, установ і організацій, які розташовані в зонах підвищеної забрудненості водних об'єктів, скидають стічні води у межах населеного пункту, $C_{\text{ст}}$ при розрахунку ГДС приймається не більше ГДК речовин у воді водних об'єктів у місцях водокористування.

11.6. Розрахунки кількості стічних вод населеного пункту та їхнього складу

Урахування об'ємів стічних вод, які надходять від усіх об'єктів централізованого водопостачання населеного пункту, а також їхній склад необхідно для прогнозування санітарної небезпеки, вибору способу очистки, обчислення основних параметрів очисних споруд та ефективності їх очистки.

Загальний вигляд формули для розрахунку кількості стічних вод (W), які утворюються в населеному пункті такий:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5, \quad (11.27)$$

де W_1 - кількість господарсько-побутових стічних вод від житлових і громадських споруд; W_2 - кількість стічних вод, які надходять від санаторіїв, будинків відпочинку, дитячих таборів, не враховані показником W_1 ; W_3 - кількість стічних вод підприємств місцевої промисловості (а також невраховане утворення стічних вод - 5-10 % від W_1); W_4 - кількість промислових стічних вод, які скидаються у міську каналізацію (за технологічними даними підприємств); W_5 - кількість стічних вод, які надходять від населеного пункту.

урахуванням перспектив його розвитку (наприклад, при прогнозі на 20-25 років $W_5 = 1,5 W_1$).

Значення показників W_1 і W_2 визначається добутком норми водовідведення даного об'єкта m на кількість жителів N , які проживають у каналізованому районі, і на коефіцієнт добової нерівномірності $K_{\text{доб}}$

$$W = m \cdot N \cdot K_{\text{доб}} \quad (11.28)$$

Норми водовідведення і коефіцієнти добової нерівномірності наведено у додатках до СНіП 2.04.01-85.

Концентрацію забруднюючих речовин у побутових стічних водах зумовлено нормою водокористування, оскільки добова кількість забруднюючих речовин, які надходять у каналізаційну мережу від однієї людини, є приблизно сталою (табл. 11.5). Тому можна без лабораторних аналізів орієнтовно розрахувати концентрацію забруднюючих речовин у стічних водах, і навпаки, за концентрацією стічних вод можна приблизно визначити фактичну норму водокористування.

Наприклад, концентрацію амонійного азоту у стічних водах міста з внутрішнім водопроводом, каналізацією без ванн (норма водокористування близько 100 л/добу) можна розрахувати таким чином. Спочатку норму забруднення амонійним азотом (див. табл. 11.5) від однієї людини за добу переводимо з грамів у міліграми (8г/добу = 8000 мг/добу), потім цю величину ділимо на норму водокористування за добу (8000 мг : 100 л = 80 мг/л) і отримуємо концентрацію амонійного азоту у стічних водах.

Знаючи концентрацію забруднюючих речовин у стічних водах, можна орієнтовно визначити фактичні норми водокористування. Наприклад, концентрація ПАР у стічній воді 50 мг/л. За норми забруднюючих речовин від одного жителя (2,5 г/добу = 2500 мг/добу) для отримання концентрації 50 мг/л треба цю забруднюючу речовину розвести у 50 разів (2500 : 50 = 50), тобто у 50 л води, що й буде фактичною нормою водокористування.

Якщо передбачається спільна очистка господарсько-побутових і промислових стічних вод, то вивчають дані про кількість і склад промислових стічних вод, а також характер і ступінь їх попередньої очистки на локальних очисних спорудах. Перевіряється відповідність складу промислових стічних вод умовам випуску їх у міську

Таблиця 11.5. Концентрація забруднюючих речовин у господарсько - побутових стічних водах за різних умов водокористування

Показник складу стічних вод	Кількість забруднюючої речовини від одної особи, г/добу	Концентрація забруднюючої речовини (мг/л) при витраті води на одну особу, л		
		50	100	200
Завислі речовини	65	1300	650	325
БСК _{пов} неосвітлених вод	75	1500	750	375
БСК _{пов} освітлених вод	40	800	400	200
БСК ₅ неосвітлених вод	54	1080	540	270
БСК ₅ освітлених вод	35	700	350	175
Азот амонійний	8	160	80	40
Фосфати,	3,3	66	33	16,5
в тому числі від миючих засобів	1,6	32	16	8
Хлориди	9	180	90	45
Поверхнево-активні речовини (ПАР)	2,5	50	25	12,5

каналізацію. До випуску у міську каналізацію має бути заборонено промислові стічні води з вмістом завислих речовин понад 500 мг/л; з рН нижче 6,5 і вище 8,5; температурою понад 40°C; з наявністю вибухонебезпечних речовин і токсичних газів тощо. Концентрації шкідливих речовин, які впливають на процеси біологічної очистки, не повинні перевищувати величин, встановлених для стічних вод, що надходять на очистку, і наведених у СНІП 2.04.03-85.

Розрахунок складу суміші господарсько-побутових і промислових стічних вод виконують за формулою:

$$C = \frac{W_1 \cdot C_1 + W_2 \cdot C_2 + W_3 \cdot C_3 + \dots + W_n \cdot C_n}{W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n} \quad (11.29)$$

де C - концентрація забруднюючої речовини за одним з показників, мг/л; $W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$ - об'єм стічних вод від окремих об'єктів, л; $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ - концентрація забруднюючих речовин у стічних водах окремих об'єктів, мг/л.

12. ГІДРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТАНУ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

12.1. Евтрофування водойм

Евтрофування – це підвищення біологічної продуктивності водних об'єктів, у першу чергу водойм, у результаті накопичення у воді біологічних елементів під дією антропогенних чи природних факторів. Унаслідок посиленого розвитку у водному об'єкті рослин і мікроорганізмів, а потім їх відмирання погіршуються фізико-хімічні властивості води: зменшується її прозорість; вода набуває зеленого чи жовто-бурого кольору; з'являються неприємний смак і запах; підвищується значення рН; в осад випадають карбонати кальцію і гідроксид магнію; спостерігається дефіцит кисню і виникають заморні явища.

Як відзначалося, стічні води, які утворюються в результаті побутової, промислової і сільськогосподарської діяльності людини, значно збагачені біогенними елементами (N, P, C), які сприяють евтрофуванню водойм.

Система контролю за евтрофуванням ставить за мету оцінку швидкості й масштабів розвитку водних організмів у річках, озерах і водосховищах нашої країни у зв'язку з антропогенним забрудненням та впливом природних факторів.

Як зазначає А.М.Никаноров (1989), дослідження показали, що спроби впливати на процес евтрофування безпосередньо в самих водоймах, як правило, позитивних результатів не дають. Необхідно керувати потоками біогенних елементів на водозборах шляхом їх нормування, організувати контроль надходження цих речовин на "вході" та "виході" водойми, щоб можна було розрахувати баланс біогенних елементів.

Першочерговою умовою програми спостережень за евтрофуванням є їх комплексність. Набір параметрів, які визначаються, повинен передбачати проведення одночасно гідрологічних, гідрохімічних і гідробіологічних досліджень, а також вивчення завислих речовин і донних відкладів.

Найважливішим показником можливого евтрофування є режим біогенних елементів у водному об'єкті, який в свою чергу зумовлює розвиток фітопланктону разом з іншими факторами.

Інтенсивність розвитку фітопланктону залежить від багатьох умов, але не всі вони однаковою мірою впливають на цей процес. Тому при організації системи гідрохімічних і гідробіологічних спостережень за евтрофуванням необхідно забезпечити в першу чергу контроль за тими факторами і процесами, які є визначальними і відіграють найбільшу роль у виникненні антропогенного евтрофування.

Система спостережень повинна передбачати такі види робіт і досліджень:

попередні рекогносциувальні обстеження водних об'єктів за комплексом показників з метою їх картографування (гідрологічний режим, вивчення складу донних відкладів, співвідношення глибоководних і мілководних ділянок та ін.);

систематичні спостереження за гідробіонтами, в розвитку яких найбільш швидко проявляється реакція на евтрофування;

вивчення рН, температури й прозорості води;

гідрохімічні дослідження, які включають визначення CO_2 , органічних речовин, а також газового складу вод і біогенних елементів (у першу чергу азоту і фосфору, в тому числі і в донних відкладах).

Важливе значення має правильний вибір місць розташування пунктів контролю. Вони повинні відповідати таким вимогам:

розташовуватися на найбільш характерних ділянках водойми, тобто там, де особливо яскраво виявляються відмінності в структурно-функціональній організації водних організмів;

знаходитися в місцях, де найбільш наочно відображається вплив антропогенного навантаження.

Суттєвою умовою є синхронність відбору проб, особливо при рекогносциувальних обстеженнях усієї акваторії водойми. У всякому разі інтервал часу, протягом якого будуть відбиратися проби, повинен бути меншим, ніж термін, протягом якого відбудуться значні зміни в розподілі фітопланктону. Щоб дотриматися цієї вимоги, використовують вертоліт, за допомогою якого можна протягом доби відібрати проби з будь-якого водосховища.

При визначенні частоти й термінів відбору проб необхідно враховувати природну періодичність розвитку водних організмів (циклічність). Система спостережень має виявити найбільш характерні терміни прояву евтрофування. На початковому етапі організації спостережень вони повинні виконуватися не рідше одного

разу на місяць, захоплюючи "піки" весняного водопілля і літніх паводків. Програма контролю за гідробіологічним режимом водойми, в якій відбуваються процеси евтрофування, включає вивчення фітопланктону (загальну чисельність і біомасу, чисельність груп і біомасу основних груп, масові види тощо), зоопланктону, зообентосу, бактеріопланктону, сестону та інші показники.

12.2 Самоочищення водних об'єктів

Сукупність усіх процесів, спрямованих на відновлення початкового хімічного складу води відповідно до існуючої раніше рівноваги, називається *самоочищенням водного об'єкта*. Це поняття відноситься не лише до складу води, але такою ж мірою до мікрофлори, водної рослинності, тваринного світу водойм, тобто до всього біоценозу, який склався в природних умовах і який дуже тісно пов'язаний з хімічним складом води.

Нестійкість більшості забруднюючих речовин, які з часом виводяться з розчину під впливом різних процесів, сприяє самоочищенню. Нестійкі органічні речовини, внесені у водойму із стічними водами, є чужими для тих умов, які властиві водоймі, і не можуть існувати через присутність великої кількості мікроорганізмів. Таке саме явище спостерігається і з бактеріальним складом, який надходить із стічними водами у водойму, умови якої не відповідають умовам їх розвитку. З часом більша частина їх відмирає, чому сприяє і антагонізм між внесеною із забруднюючими речовинами мікрофлорою і тією, що знаходилася у природних умовах.

Сильно забруднена річка за сприятливих обставин і відсутності постійного поповнення забруднюючими речовинами може послідовно пляхом самоочищення перейти із стану сапробної зони у мезосапробну і навіть у олігосапробну. Це відбувається внаслідок поліпшення фізичних властивостей під впливом адсорбції завислими частками органічних речовин, важких металів, мікроорганізмів, коагуляції та седиментації завислих неорганічних і органічних речовин, мінералізації нестійкої органічної речовини, збільшення вмісту кисню за рахунок аерації та водної рослинності, різкого зменшення сапрофітних мікроорганізмів і відмирання патогенних бактерій.

За великої кількості завислих часток, які надходять зі стічними водами, самоочищення уповільнюється. Хоча вони, з одного боку,

сприяють адсорбції багатьох речовин, з іншого - осідаючи, утворюють осади, часто великої потужності, в яких розвиваються бактеріальні анаеробні процеси, які довго підтримують надходження у воду неприємних продуктів анаеробного розпаду.

Завдяки самоочищенню невелике забруднення не може змінити природного стану водойми. Але кожна водойма має певну межу самоочисної здатності від забруднень, після якої відбувається різке погіршення всіх характеристик санітарного стану водойм.

Процеси самоочищення протікають більш сприятливо завдяки більшій проточності у річках, ніж в озерах і водосховищах.

При вивченні процесів самоочищення важливе значення мають співвідношення кількості забруднюючих речовин і об'єму водної маси, швидкість течії, глибина, умови вітрового перемішування, температурний режим тощо. У багатьох випадках, особливо при забрудненні господарсько-побутовими водами, провідним процесом у самоочищенні є розкладання органічної речовини, кінцевим продуктом якого є мінеральні сполуки. В анаеробних умовах цей процес викликає посилене споживання кисню і корелює з величиною БСК. Тому величина БСК характеризує ступінь розкладання нестійкої органічної речовини.

Кількість кисню, необхідна для окиснення органічної речовини за проміжок часу t , пропорційна кількості нерозкладеної ще органічної речовини. Для обчислення біохімічного споживання кисню необхідно знайти його повну величину $BCK_{пов}$, яку можна визначити, знаючи BCK_5 , за номограмою Л.К.Зак. Кількість кисню, необхідна для окиснення за час t (BCK_t), знаходиться з $BCK_{пов}$ у такій залежності

$$BCK_t = BCK_{пов} (1 - 10)^{-kt} \quad (12.1)$$

Константу швидкості реакції K може бути визначено експериментально, якщо зробити послідовно два визначення БСК з таким розрахунком, щоб друге визначення $2t$ за часом було вдвоє більше першого t . Тоді розрахунок виконується за формулою

$$K = \frac{1}{t} \cdot \lg \frac{BCK}{BCK_{2t} - BCK_t} \quad (12.2)$$

Константа K залежно від складу забруднюючих речовин має різні значення. Для господарсько-побутових вод вона становить близько 0,1 і приблизно така сама при розкладанні фітопланктону. Промислові

забруднюючі речовини дають більші коливання константи. Швидкість розпаду органічних речовин донних відкладів у 20-50 разів нижчі, ніж господарсько-побутових стічних вод (рис. 12.1).

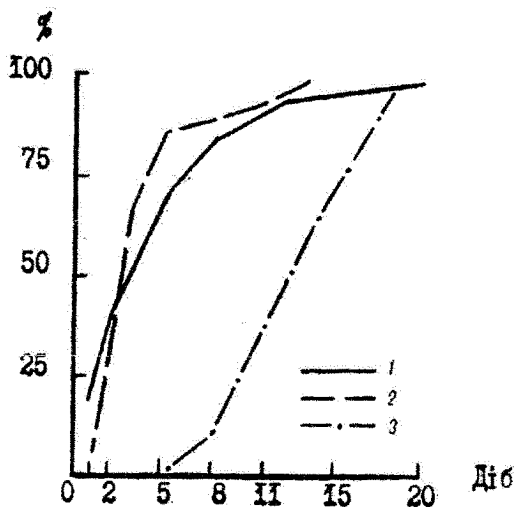


Рис. 12.1. Хід споживання кисню у стічній воді: 1 - господарсько-побутова; 2 - від виробництва капролактаму; 3 - від виробництва ацетону

Для характеристики самоочищення велике значення має швидкість зміни кількості бактерій. На рис. 12.2 наведені дані, які характеризують швидкість відмирання сапрофітних бактерій у річковій воді. Протягом перших 12 год відмирає 70 % від початкової величини бактеріального зараження, а на п'яту добу їх залишається лише частки відсотка.

Процеси самоочищення вивчають на спеціальних пунктах контролю. Ці дослідження виконуються в зоні забруднення річки чи водойми, де у зв'язку з надходженням забруднюючих речовин порушуються природні біохімічні процеси і концентрація забруднюючих речовин за санітарними чи іншими показниками перевищує встановлені норми.

При вивченні процесів самоочищення має бути вибрано не менше трьох створів спостережень: фоновий, головний контрольний і замикаючий. Принципи вибору перших двох створів такі самі, як і при вивченні забрудненості водотоків: фоновий повинен бути розташований вище джерела забруднення, головний контрольний - у створі гарантованого перемішування стічних вод з річковими.

Замикаючий створ має знаходитися на нижній межі ділянки спостережень, яка визначається конкретно місцевими умовами

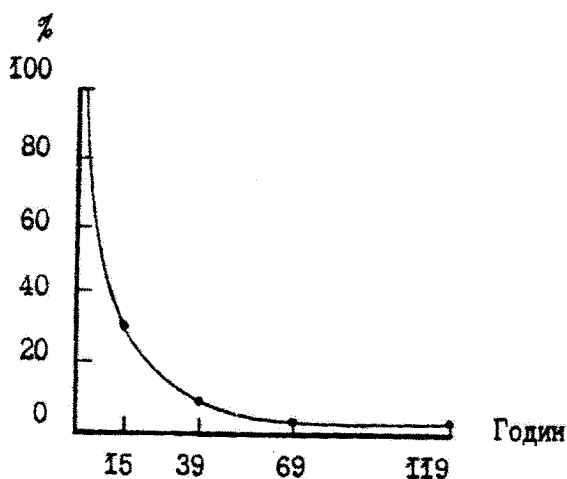


Рис. 12.2. Швидкість відмирання сапрофітних бактерій у річковій воді

створів, які встановлюються залежно від завдань спостереження місцевих умов та складу забруднюючих речовин і розміщуються нижче випуску стічних вод з послідовним збільшенням відстані між ними (шість-дев'ять створів). За наявності на досліджуваній ділянці бокової приточності встановлюються додаткові створи вище і нижче притоку і в її гирлі.

Крім специфічних забруднюючих речовин, наявність яких встановлено у воді під час рекогносциувальних спостережень, визначення самоочисної здатності водних об'єктів ведеться і такими показниками забрудненості води, як хімічне споживання кисню (ХСК) і біохімічне споживання кисню за п'ять діб (БСК₅). Обов'язковим є також визначення температури, рН, вмісту розчиненого кисню. Ці показники характеризують умови і хід процесу самоочищення.

Спостереження за забрудненістю води водних об'єктів з урахуванням процесів самоочищення проводиться кілька разів на рік у характерні фази гідрологічного і гідробіологічного режимів.

водотоку і с...
більністю у в...
забруднююч...
речовин. П...
створ характер...
зується повн...
самоочищенн...
води від забр...
нюючих речов...
оскільки конц...
трації цих речов...
не перевищує...
гранично-доп...
тимих. Між п...
ловним контро...
ним і замика...
чим створами...
винно бути на...
чено ще кільк...

Тривалість спостережень визначається необхідністю отримання надійних матеріалів щодо характеристики самоочисної здатності водотоків у роки з різним ступенем водності (багатоводні, маловодні, середні).

Проби води відбираються по створах з урахуванням тривалості добігання води від верхнього створу до кожного наступного, який розташований нижче.

На основі результатів виконаних спостережень обчислюють кількісні оцінки, які характеризують інтенсивність процесів самоочищення. Сумарний коефіцієнт швидкості самоочистки K (рік⁻¹, доба⁻¹) для окремих речовин, які скидаються зі стічними водами, орієнтовно можна розрахувати за формулою В.Г.Стрітера

$$K = \frac{2,3}{\tau} \cdot \lg \frac{C_0}{C_\tau} \quad (12.3)$$

де τ - період часу між вимірюванням концентрації речовини чи часу протікання води між створами, рік, доба; C_0 - початкова концентрація речовини в початковому створі ділянки, мг/л; C_τ - концентрація речовини в кінцевому створі ділянки через час τ , мг/л.

Самоочисну здатність $CЗ$ (%) води на ділянці може бути обчислено за рівнянням

$$CЗ = [(C_0 - C_\tau) / C_0] \cdot 100. \quad (12.4)$$

Перероблююча здатність $ПЗ$ (кг/р., т/р.) води на ділянці водного об'єкта за одиницю часу обчислюється за формулою

$$ПЗ = (P_0 - P_\tau), \quad (12.5)$$

де P_0 і P_τ - часове навантаження речовини в початковому і кінцевому створі, кг, т.

На спеціальних пунктах контролю вивчається також баланс хімічних речовин водних об'єктів, процеси евтрофування водних об'єктів тощо.

12.3. Комплексна оцінка забрудненості водних об'єктів

Фізичними показниками забруднення є запах, каламутність, наявність завислих часток, нафтові плівки. Хімічними - вміст нестійкої органічної речовини, яка характеризується перманганатною окиснюваністю, вміст кисню, величина концентрації амонію і нітратів, а також певною мірою і весь комплекс розчинених речовин.

Бактеріологічними - кишкові палички, які мешкають у кишечнику людини і тварин. Ймовірно, що їх присутність є прямою вказівкою на наявність у воді фекалій та можливість проникнення патогенних мікробів.

Іншим показником бактеріологічного забруднення є кількість сапрофітних бактерій. Сапрофітні організми самі не можуть створювати органічну речовину з неорганічних сполук, вони живуть за рахунок вже готової органічної речовини. Кількість сапрофітних бактерій корелює з вмістом органічної речовини. Усі хвороботворні бактерії відносяться до сапрофітних.

До показників забруднення належить і склад найпростіших водних організмів (інфузорії, джгутикові, мшанки та ін.), який якісно і кількісно змінюється залежно від ступеня забруднення водойми.

Якщо не зважати на забруднення специфічного характеру (нафтопродукти, феноли, солі важких металів), то загальне забруднення характеризується зміною фізичних властивостей водойми, складу води і водного населення. Усі процеси як фізичні й хімічні, так і мікробіологічні й біологічні у водоймі тісно пов'язані між собою. Це дає змогу характеризувати ступінь забруднення водойми на основі екологічного взаємозв'язку організмів з навколишнім середовищем за так званою *сапробністю водойми*, тобто комплексом фізіологічних властивостей даного організму і його здатністю розвиватися залежно від вмісту органічних речовин і ступеня забруднення. Розроблена Р. Кольквітцем і М. Марсоном (див. підрозділ 5.2) характеристика водойм за сапробністю, яка передбачає виділення трьох характерних зон і двох підзон сапробності на основі існування в них 102 видів у найбільш типових найпростіших одноклітинних організмів, може бути використана для комплексної оцінки якості води водного об'єкта.

1. *Полісапробна зона* - найбільш забруднена, утворюється за великої кількості органічних речовин, які надходять із забрудненням, в результаті чого в цій зоні протікають лише перші фази мінералізації органічних речовин з утворенням білків та інших початкових продуктів розпаду. Майже повна відсутність, рослин, які продукують кисень, і сильне його споживання на окиснення органічної речовини веде до повного зникнення кисню. У воді створюється відновне середовище, міститься багато діоксиду вуглецю, з'являється сірководень, метан. Нітрати за таких умов відновлюються до амонію. У зоні розвитку

знаходиться сапрофітна мікрофлора, кількість бактерій досягає 1 млн в 1 мл води. Вища водна рослинність розвинута слабо, навпаки, у мулах багато бентосних форм, які здатні існувати в анаеробних умовах.

2. *Мезосапробна зона* - середнього забруднення, порівняно: полісапробною містить менше нестійкої органічної речовини. У свок чергу вона поділяється на дві підзони α і β , які відрізняються за глибиною процесу мінералізації органічної речовини, який відбувається. В α -підзоні в азотовмісних сполук присутні переважно продукти розпаду білка: поліпептиди, амінокислоти, солі амонію, а в β -підзоні, де існують окисні умови, наявні нітрити і нітрати. У мезосапробній зоні відбувається зниження кількості сапрофітних бактерій, хоча частка їх залишається все ж значною: сотні тисяч в α -підзоні та десятки тисяч в β -підзоні. У мезосапробній зоні, особливо в β -підзоні, присутні продукуючі кисень рослини, зокрема, в α -підзоні синьозелені та зелені водорості, і крім того, діатомові у β -підзоні.

3. *Олігосапробна зона* - найменш забруднена, характеризується великою різноманітністю видів рослин і тварин. Вода є добре аерованою, завдяки присутності численних автотрофних організмів, які продукують кисень. Нестійкої органічної речовини мало, її походження пов'язано головним чином з внутрішнім кругообігом, тому мало бактерій (від 1000 до 100 000 в 1 мл). У результаті мінералізації водних організмів амоній і нітрити присутні рідко і в дуже малих кількостях. Нітрати містяться також у невеликих кількостях і переважно у невегетаційний період.

Ця схема носить значною мірою якісний характер. Для встановлення приналежності водойми до тієї чи іншої зони, крім того, треба виконати трудомісткі визначення форм найпростіших.

Тому виникла потреба у розробці та застосуванні класифікацій ступеня забрудненості водойм, які ґрунтувалися б на різних показниках хімічного складу води, фізичних її властивостей, мікрофлорі. Свого часу добре розробленою була класифікація О.О.Билінкиної, С.М.Драчова і А.І.Іржової, в основу якої покладено порівняння величин хімічних, бактеріологічних, біологічних і фізичних показників забруднення. Ця класифікація має досить детально аргументовані кількісні показники за всіма характеристиками. Перші два ступені забруднення вод за цією класифікацією відповідають стану

забруднення в олігосапробній зоні, наступні два - α - і β -підзони мезосапробної зони й останні дві - полісапробній зоні (табл. 12.1).

Додавання числових значень коефіцієнтів за показниками забруднення з наступним діленням їх суми на кількість цих показників (у даному випадку на п'ять) дає загальний показник забруднення, який відповідним кольором наноситься на карту (рис. 12.3). Таке зображення з певними допусками характеризує якість води протягом усієї досліджуваної ділянки між контрольними створами. Безумовно, чим ближче розташовані один від одного створи, тим достовірнішою буде зображувана інформація.

На практиці доводиться частіше оперувати даними з якості води у створах, які розташовані на значній відстані один від одного. Наприклад, дані режимних спостережень Держкомгідромету. У цьому випадку точніше буде зобразити клас якості води за допомогою діаграм (рис. 12.4). Цей спосіб можна назвати точковим, бо він характеризує якість води у кожному конкретному створі, не відображаючи ситуації між ними.

Індекс забруднення вод (ІЗВ). Цей метод, розроблений у Держкомгідрометі, ґрунтується в основному на показниках хімічного складу води і наводиться тут як найбільш доступний. Розрахунок індексу забруднення для поверхневих вод виконується лише за певної кількості інгредієнтів. За результатами аналізів за кожним з показників вираховується середнє арифметичне значення. Кількість аналізів для визначення середнього значення повинна бути не менше чотирьох. Якщо при розрахунку середньоарифметичного використовувалися значення, які виходять за межі звичайного ряду спостережень (у результаті аварійного скиду забруднюючих речовин), у тексті повинна бути відповідна примітка.

Розрахунок ІЗВ виконується за формулою

$$\text{ІЗВ} = \sum \frac{C}{\text{ГДК}} / n, \quad (12.6)$$

де ГДК - гранично-допустима концентрація хімічного компонента; C - фактична концентрація хімічного компонента; n - кількість інгредієнтів. Причому для поверхневих вод кількість показників, які беруться для розрахунку ІЗВ, повинна бути не менше шести незалежно від того, чи перевищують вони ГДК, чи ні, але необхідно обов'язково

Таблиця 12.1. Числові значення коефіцієнтів головних показників забруднення за класифікацією О.О. Билінкиної, С.М. Драчова та А.І. Ішкової

Ступінь забруднення	Кишкова паличка		Запах		Азот амонійний		БСК ₅		Сумарний показник забруднення	Колір на карті
	колі-індекс	коєфі-цієнт	бали	коєфі-цієнт	мг/л	коєфі-цієнт	мгO ₂ /л	коєфі-цієнт		
Дуже чисті	10-100	0	0	0	0,05	0	1	0	0-1	Голубий
Чисті	100-1000	2	1	1	0,06-0,15	1	2	1	2	Зелений
Помірно забруднені	10 ³ -5·10 ⁴	4	2	2	0,16-0,29	3	3	5	3-4	Жовтий
Забруднені	5·10 ⁵ -5·10 ⁶	10	3	8	0,3-0,59	6	4-5	8	6-7	Рожевий
Брудні	5·10 ⁶ -1·10 ⁷	15	4	10	0,6-1,0	12	6-10	12	8-10	Фіолетовий
Дуже брудні	1·10 ⁷ -	30	5	20	1	15	10	15	10	Чорний

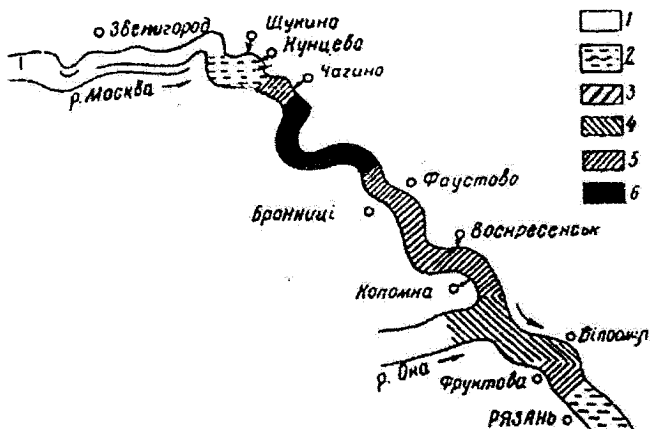


Рис. 12.3. Картохема санітарного стану води р. Москва влітку за С.М. Драчови
1 - дуже чиста; 2 - чиста; 3 - помірно забруднена; 4 - забруднена; 5 - брудна; 6 - дуже брудна

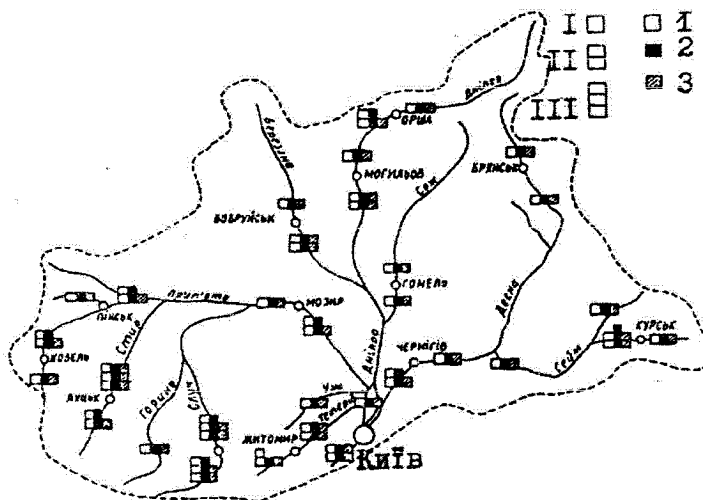


Рис. 12.4. Картохема оцінки якості річкових вод басейну Верхнього Дніпру В.К.Хітьчевським: I - слабкозабруднена; II - забруднена; III - брудна; 1 - весна; літо; 3 - зима

включати розчинений кисень та БСК₅. Для морських вод кількості показників має бути не меншою чотирьох і обов'язково включати розчинений кисень. У цілому показники вибираються незалежно від лімітуючої ознаки шкідливості, за рівних концентрацій показники перевага надається речовинам, які мають токсикологічну ознаку шкідливості.

Враховуючи, що показник біохімічного споживання кисню (БСК₅) є інтегральним показником наявності легко окиснюваних речовин (ГД для БСК повного - 3 мгО₂/л), а також, що зі збільшенням вмісту легко окиснюваних органічних речовин (зменшенням вмісту розчиненого кисню) якість вод знижується непропорційно різко, нормативи для цих показників при розрахунках ІЗВ приймаються дещо інші, ніж ГД (табл. 12.2 і 12.3).

Таблиця 12.2. Нормативи для БСК₅ при розрахунках ІЗВ

Біохімічне споживання кисню (БСК ₅), мгО ₂ /л	Норматив, мгО ₂ /л
До 3 включно	3
Понад 3–15	2
Понад 15	1

Таблиця 12.3. Нормативи для розчиненого кисню при розрахунках ІЗВ

Розчинений кисень, мг/л	Норматив, мг/л
Понад 6	6
Менше 6–5	12
Менше 5–4	20
Менше 4–3	30
Менше 3–2	40
Менше 2–1	50
Менше 1–0	60

Причому, на відміну від інших показників, для розчиненого кисню при розрахунках ІЗВ береться співвідношення норматив/реальна концентрація. Приклад розрахунку ІЗВ для р.Віта біля селища Хотів (південно-західна околиця м.Києва) наведено в табл. 12.4.

Розрахунок співвідношення, наприклад, для БСК₅ виконувався таким чином. За величин БСК₅ у 1992 р. - 4 мгО₂/л, 1993 р. - 7 мгО₂/л, 1994 р. - 12 мгО₂/л з табл. 12.2 брався відповідний норматив 2, на

який потім було поділено середньорічні величини БСК₅. Отримано співвідношення: 2; 3,5; 6 (див табл. 12.4)

Таблиця 12.4. Приклад розрахунку середньорічних ІЗВ для р. Віта біля селища Хотів (південно-західна околиця м. Києва) за кілька років

Показник	Співвідношення С/ГДК (для 0 ₂ – норматив/концентрація)		
	1992 р.	1993 р.	1994 р.
Азот амонійний	1,1	0,8	13,0
Азот нітритний	2,0	2,2	7,0
Нафтопродукти	3,0	5,0	2,5
Феноли	4,0	3,0	3,0
БСК ₅	2,0	3,5	6,0
Розчинений кисень	0,75	2,19	4,44
Сума співвідношень	12,85	16,69	35,94
ІЗВ	2,14	2,78	5,99
Клас якості води	III	IV	V

Розрахунок співвідношень для розчиненого кисню виконувався таким чином. За концентрацій O₂ за роками 8 мг/л (1992 р.); 5,5 мг/л (1993 р.); 4,5 мг/л (1994 р.) - з табл. 12.3 бралися відповідні нормативи - 6, 12 і 20. Потім величини цих нормативів ділилися на середньорічні концентрації розчиненого кисню. Було отримано співвідношення: 0,75; 2,19; 4,44 (див. табл. 12.4). Для інших показників це співвідношення С/ГДК. ІЗВ розраховувалися: 1992 р. - 12,85:6 = 2,14; 1993 р. - 16,69:6 = 2,78; 1994 р. - 35,94:6 = 5,99.

При визначенні ІЗВ можна враховувати і водність. Для цього треба спочатку визначити коефіцієнт водності річки К, який дорівнює співвідношенню фактичної середньорічної (сезонної) витрати Q_ф і середньобагаторічної Q_{сер}

$$K = \frac{Q_{\phi}}{Q_{\text{сер}}} \quad (12.7)$$

Потім отриману величину ІЗВ перемножуємо на коефіцієнт водності. Наприклад, фактична витрата в 1992 р. становила 3,5 м³/с. 1993 р. - 3,0 м³/с, 1994 р. - 2,5 м³/с, середньобагаторічна - 2,0 м³/с. Відповідно за роками коефіцієнт водності дорівнює 1,75; 1,50; 1,25. Отримуємо ІЗВ з урахуванням водності: 1992 р. - 2,14 · 1,75 = 3,74; 1993 р. - 2,78 · 1,50 = 4,17; 1994 р. - 5,99 · 1,25 = 7,49.

Для того щоб порівняти якість води у різних створах, визначити динаміку, використовують як критерії класи якості води (табл. 12.5).

**Таблиця 12.5. Критерії оцінки якості вод за ІЗВ
(без урахування водності)**

Клас якості води	Текстовий опис	Величина ІЗВ
<i>Для поверхневих вод суші</i>		
I	Дуже чиста	$\leq 0,3$
II	Чиста	$> 0,3-1$
III	Помірно забруднена	$> 1-2,5$
V	Брудна	$> 4-6$
VI	Дуже брудна	$> 6-10$
VII	Надзвичайно брудна	> 10
<i>Для морських вод</i>		
I	Дуже чиста	$\leq 0,25$
II	Чиста	$> 0,25-0,75$
III	Помірно забруднена	$> 0,75-1,25$
IV	Забруднена	$> 1,25-1,75$
V	Брудна	$> 1,75-3$
VI	Дуже брудна	$> 3-5$
VII	Надзвичайно брудна	> 5

Розрахунок зміни ІЗВ, наприклад, за 1993 і 1994 рр. у % виконується за формулою

$$I_{\text{ІЗВ}} = \frac{\text{ІЗВ}_{1994} - \text{ІЗВ}_{1993}}{\text{ІЗВ}_{1993}} \cdot 100 = \frac{7,49 - 4,17}{4,17} \cdot 100 = 79. \quad (12.8)$$

Таким чином, якість води р. Віта біля селища Хотів у 1994р погіршилася на 79% порівняно з 1993 р.

ДОДАТКИ

Додаток 1. Стабільні і радіоактивні (курсив) елементи періодичної системи Д.І.Менделєєва, згруповані за символами і латинськими назвами в алфавітному порядку

Символ елемента	Назва елемента	Латинська назва	Порядковий номер	Атомна маса
<i>Ac</i>	<i>Актиній</i>	<i>Actinium</i>	89	227
Ag	Срібло	Argentum	47	107,87
Al	Алюміній	Aluminium	13	26,981
<i>Am</i>	<i>Америцій</i>	<i>Americium</i>	95	243
Ar	Аргон	Argon	18	39,948
As	Арсен	Arsenicum	33	74,922
<i>At</i>	<i>Астат</i>	<i>Astatine</i>	85	210
Au	Золото	Aurum	79	196,97
B	Бор	Borum	5	10,811
Ba	Барій	Barium	56	137,34
Be	Берилій	Beryllium	4	9,0122
Bi	Вісмут	Bismuthum	83	208,98
<i>Bk</i>	<i>Берклій</i>	<i>Berkelium</i>	97	247
Br	Бром	Bromum	35	79,904
C	Вуглець	Carboneum	6	12,011
Ca	Кальцій	Calcium	20	40,080
Cd	Кадмій	Cadmium	48	112,40
Ce	Церій	Cerium	58	140,12
<i>Cf</i>	<i>Каліфорній</i>	<i>Californium</i>	98	252
Cl	Хлор	Chlorum	17	35,453
<i>Cm</i>	<i>Кюрій</i>	<i>Curium</i>	96	247
Co	Кобальт	Cobaltum	27	58,933
Cr	Хром	Chromium	24	51,996
Cs	Цезій	Caesium	55	132,91
Cu	Мідь	Cuprum	29	63,546
Dy	Диспрозій	Dysprosium	66	162,50
Er	Ербій	Erbium	68	167,26
<i>Es</i>	<i>Ейнштейній</i>	<i>Einsteinium</i>	99	254
Eu	Європій	Europium	63	151,96

Символ елемента	Назва елемента	Латинська назва	Порядковий номер	Атомна маса
F	Фтор	Fluorum	9	18,998
Fe	Залізо	Ferrum	26	55,847
<i>Fm</i>	Фермій	<i>Fermium</i>	100	257
<i>Fr</i>	Францій	<i>Francium</i>	87	223
Ga	Галій	Gallium	31	69,720
Gd	Гадоліній	Gadolinium	64	157,25
Ge	Германій	Germanium	32	72,590
H	Водень	Hydrogenium	1	1,0079
He	Гелій	Helium	2	4,0026
Hf	Гафній	Hafnium	72	178,49
Hg	Ртуть	Hydrargyrum	80	200,59
Ho	Гольмій	Holmium	67	164,93
I	Йод	Iodum	53	126,90
In	Індій	Indium	49	114,82
Ir	Іридій	Iridium	77	192,22
K	Калій	Kalium	19	39,102
Kr	Криптон	Krypton	36	83,800
<i>Ku</i>	Курчатовій	<i>Kurchatovium</i>	104	260
La	Лантан	Lanthanum	57	138,9
Li	Літій	Lithium	3	6,9410
<i>Lr</i>	Лоуренсій	<i>Lowrencium</i>	103	256
Lu	Лютецій	Lutetium	71	174,97
<i>Md</i>	Менделевій	<i>Mendelevium</i>	101	257
Mg	Магній	Magnesium	12	24,315
Mn	Марганець	Manganum	25	54,938
Mo	Молибден	Molybdaenum	42	95,950
N	Азот	Nitrogenium	7	14,007
Na	Натрій	Natrium	11	22,990
Nb	Ніобій	Niobium	41	92,906
Nd	Неодим	Neodymium	60	144,24
Ne	Неон	Neon	10	20,183
Ni	Нікель	Niccolum	28	58,700
<i>No</i>	Нобелій	<i>Nobelium</i>	102	255
<i>Np</i>	Нептуній	<i>Neptunium</i>	93	237,05
<i>Ns</i>	Нільсборій	<i>Nielsbohrium</i>	105	262

Символ елемента	Назва елемента	Латинська назва	Порядковий номер	Атомна маса
O	Кисень	Oxygenium	8	15,999
Os	Осмій	Osmium	76	190,20
P	Фосфор	Phosphorus	15	30,974
<i>Pa</i>	<i>Протактиній</i>	<i>Protactinium</i>	<i>91</i>	<i>231</i>
Pb	Свинець	Plumbum	82	207,19
Pd	Паладій	Palladium	46	106,40
Pm	Прометій	Prometium	61	146,91
<i>Po</i>	<i>Полоній</i>	<i>Polonium</i>	<i>84</i>	<i>210</i>
Pr	Празеодим	Praseodymium	59	140,91
Pt	Платина	Platinum	78	195,09
<i>Pu</i>	<i>Плутоній</i>	<i>Plutonium</i>	<i>94</i>	<i>244</i>
<i>Ra</i>	<i>Радій</i>	<i>Radium</i>	<i>88</i>	<i>226</i>
Rb	Рубідій	Rubidium	37	85,468
Re	Реній	Rhenium	75	186,20
Rh	Родій	Rhodium	45	102,91
<i>Rn</i>	<i>Радон</i>	<i>Radon</i>	<i>86</i>	<i>222</i>
Ru	Рутеній	Ruthenium	44	101,07
S	Сірка	Sulfur	16	32,066
Sb	Сурма	Stibium	51	121,75
Sc	Скандій	Scandium	21	44,956
Se	Селен	Selenium	34	78,960
Si	Силіцій	Silicium	14	28,086
Sm	Самарій	Samarium	62	150,35
Sn	Олово	Stannum	50	118,69
Sr	Стронцій	Strontium	38	87,620
Ta	Тантал	Tantalum	73	180,95
Tb	Тербій	Terbium	65	158,92
Tc	Технецій	Technetium	43	97,907
Te	Телур	Tellurium	52	127,60
<i>Th</i>	<i>Торій</i>	<i>Thorium</i>	<i>90</i>	<i>232</i>
Ti	Титан	Titanium	22	47,900
Tl	Талій	Thallium	81	204,38
Tm	Тулій	Thulium	69	168,93
<i>U</i>	<i>Уран</i>	<i>Uranium</i>	<i>92</i>	<i>238</i>

Символ елемента	Назва елемента	Латинська назва	Порядковий номер	Атомна маса
V	Ванадій	Vanadium	23	50,942
W	Вольфрам	Wolfram	74	183,85
Xe	Ксенон	Xenon	54	131,30
Y	Ірій	Yttrium	39	88,906
Yb	Ітербій	Ytterbium	70	173,04
Zn	Цинк	Zincum	30	65,370
Zr	Цирконій	Zirconium	40	91,220

Додаток 2. Гранично-допустимі концентрації деяких шкідливих речовин у воді водних об'єктів господарсько-побутового і культурно-побутового водокористування (СанПіН 4630-88)

Назва речовини	Лімітуючий показник шкідливості	ГДК, мг/л	Клас шкідливості
Алюміній	с.-т.	0,5	2
Аміак (за N)	с.-т.	2,0	3
Аміфос	орг. зап.	0,1	4
Амонію сульфат	орг. присм.	1,0	3
Анілін	с.-т.	0,1	2
Ацетон	заг.	2,2	3
Барій	с.-т.	0,1	2
Бензин	орг. зап.	0,1	3
Бензол	с.-т.	0,5	2
Берилій	с.-т.	0,0002	1
Бор	с.-т.	0,5	2
Бром	с.-т.	0,2	2
Бромфос	орг. зап.	0,01	4
Ванадій	с.-т.	0,1	3
Вісмут	с.-т.	0,1	2
Вольфрам	с.-т.	0,05	2
Гексахлорциклогексан — ГХЦГ (Гексахлоран) — 1,2,3,4,5,6	орг. зап.	0,02	4
Гексахлорциклогексан — ГХЦГ 1,2,3,4,5,6 (γ-ізомер, ліндан)	с.-т.	0,004	1
Гліцерин	заг.	0,5	4
β-Дегідрогептахлор (ділор)	орг. зап.	0,1	4
Дефос	орг. зап.	2,0	3
Діоксин	с.-т.	0,0000035	1
Діурон	орг. зап.	1,0	4

Назва речовини	Лімітуючий показник шкідливості	ГДК, мг/л	Клас шкідливості
Дихлордифенілтрихлоретан (ДДТ)	с.-т.	0,1	2
Етилен	орг. зап.	0,5	3
Залізо	орг. кол.	0,3	3
Кадмій	с.-т.	0,001	2
Капролактан	заг.	1,0	4
Карбофос	орг. зап.	0,05	4
Керосин окиснений	орг. зап.	0,01	4
Керосин освітлений	орг. зап.	0,05	4
Кислота мурашина	заг.	3,5	3
Кислота оцтова	заг.	1,0	4
Кислота павлева	заг.	0,5	3
Кислоти нафтеніві	орг. зап.	1,0	4
Кобальт	с.-т.	0,1	2
Кремній (за Si)	с.-т.	10,0	2
Лігнін	орг. кол.	5,0	4
Літій	с.-т.	0,03	2
Ліурон	с.-т.	1,0	2
Марганець	орг. кол.	0,1	3
Мідь	орг. присм.	1,0	3
Метан	с.-т.	2,0	2
Метафос	орг. зап.	0,02	4
Молибден	с.-т.	0,25	2
Арсен	с.-т.	0,05	2
Натрій	с.-т.	200,0	2
Нафталін	орг. зап.	0,01	4
Нафта багатосірчана	орг. пливк.	0,1	4
Нафта інша	орг. пливк.	0,3	4
Нікель	с.-т.	0,1	3
Нітрати (за NO ₃ ⁻)	с.-т.	45,0	3
Нітриги (за NO ₂ ⁻)	с.-т.	3,3	2
Ртуть	с.-т.	0,0005	1
Свинець	с.-т.	0,03	2
Срібло	с.-т.	0,05	2
Спирт метиловий	с.-т.	3,0	2
Стронцій (стабільний)	с.-т.	7,0	2
Сульфати (за SO ₄ ²⁻)	орг. присм.	500,0	4
Сульфід	заг.	відсутні	3
Сульфидофос (байтекс)	орг. зап.	0,001	4
Титан	заг.	0,1	3
Фозалон	орг. зап.	0,001	4
Фосфамід (рогор)	орг. зап.	0,03	4

Назва речовини	Лімітуючий показник шкідливості	ГДК, мг/л	Клас шкідливості
Фенол	орг. зап.	0,001	4
Фтор для кліматичних районів I-II	с.-т.	1,5	2
Фтор для кліматичного району III	с.-т.	1,2	2
Хлориди (за Cl)	орг. присм.	350,0	4
Хлороформ	с.-т.	0,06	2
Хром (Cr ³⁺)	с.-т.	0,5	3
Хром (Cr ⁶⁺)	с.-т.	0,05	3
Ціаніди	с.-т.	0,1	2
Цинк	заг.	1,0	3

Примітка. Лімітуючі показники: санітарно-токсикологічний (с.-т.); органолептичний (орг.); загальносанітарний (заг.); додаткові ознаки - запах (зап.); присмак (присм.); колір (кол.); плівка (плівк.).

Класи шкідливості речовин: 1 - надзвичайно шкідливі; 2 - високо небезпечні; 3 - небезпечні; 4 - помірно небезпечні.

Додаток 3. Англійська система мір

Одиниця	Англійська назва	У метричних мірах
<i>Міри об'єму</i>		
1 реєстр.тонна= 100 куб. футам	register ton	2,83 м ³
1 куб.ярд = 27 куб. фут.	cubic yard (cu.yd)	0,764 м ³
1 куб. фут = 1728 куб дюймам	cubic foot (cu. ft)	28,3168 дм ³
1 куб. дюйм	cubic inch (cu. in)	16,3871 см ³
<i>Міри ємкості (для рідин)</i>		
1 квартал = 64 галонам	quarter	290,95 дм ³
1 галон = 4 квартам	imperial gallon	4,546 дм ³
1 кварта = 2 пінтам	quart	1,137 дм ³
1 пінта	pint	0,568 дм ³
<i>Міри ємкості (для сухих тіл)</i>		
1 квартал = 8 бушелям	quarter	290,95 дм ³
1 бушель= 8 галонам	bushel	36,369 дм ³
<i>Міри ваги (маси)</i>		
1 англ. тонна = 20 центнерам	ton, long ton	1,016 т
1 центнер = 112 фунтам	hundredweight (cwt)	50,8024 кг

Одиниця	Англійська назва	У метричних мірах
1 фунт = 16 торг. унціям = 70000 англ. гранам	pound (ld)	0,4536 кг
1 торг. унція = 16 драхмам	ounce	28,3495 г
1 драхма	drachm	1,77 г
1 англ. гран	Grain	64,79891 мг
<i>Міри довжини</i>		
1 англ. миля = 1760 ярдам	statute mile (stat. mi)	1,609 км
1 ярд = 3 фугам	yard (yd)	0,9144 м
1 фут = 12 дюймам	foot (ft)	0,3048 м
1 дюйм	inch (in)	2,540 см
1 фарлонг = 10 чейнам	furlong	201,168 м
1 чейн = 4 родам	chain	20,1168 м
1 род	rod	5,0292 м
1 англ. морська миля = 6080 фугам	nautical mile (n. mile)	1,852 км
1 кабельтів		185,2 м
<i>Міри поверхні</i>		
1 кв. англ. миля = 640 акрам	square mile	2,590 км ²
1 акр = 4 рудам = 4840 кв. ярдам	(sq. mi) acre (ac)	0,405 га
1 руд = 1210 кв. ярдам	rood	1011,71 м ²
1 кв. ярд = 9 кв. фугам	square yard (sq. yd)	0,836127 м ²
1 кв. фут = 144 кв. дюймам	square foot (sq. ft)	9,2903 дм ²
1 кв. дюйм	square inch (sq. in)	6,4516 см ²

Додаток 4. Американська система мір
(у США прийнята англійська система, але є певні особливості і доповнення, які наводяться нижче)

Одиниця	Англійська назва	У метричних мірах
1 амер. миля = 3 морським милям	statute mile (mi)	4,827 км
1 тауншип = 36 кв. милям	township	93,238 км ²
1 бушель	bushel (bu)	35,2992 дм ³
1 (винний) галон = 0,833 англ. галонам	gallon	3,78543 дм ³
1 сухий галон	gallon	4,4047 дм ³
1 барель нафтовий = 42 галонам	barrel	158,988 дм ³
1 барель керосину = 40 галонам	barrel	151,404 дм ³
1 барель пива = 31 галону	barrel	117,303 дм ³
1 барель сухий	bbl	115,628 дм ³
1 мала (суднова) тона = 2000 англ. фунтам	short ton	0,907т
1 рідинна унція	fl. oz	29,5737 см ³

Додаток 5. Інші міри

Кнот (вузол), морська міра швидкості судна, течії, яка відповідає швидкості 1 морській милі за годину = 1,852 км/год.

Degree of Fahrenheit, F - градуси Фаренгейта. Термометрична шкала Фаренгейта має 212 поділок, причому температура танення льоду позначена 32, а температура кипіння води 212. По Фаренгейту 0 відповідає температурі мінус 17,8°C .

Формула для переведення градусів Фаренгейта (F) у градуси Цельсія (C): $C = 5/9 (F - 32)$.

Формула для переведення градусів Кельвіна (K) у градуси Цельсія (C): $C = K - 273,15$.

Додаток 6. Старовинні російські міри

Міри об'єму

1 куб. сажень = 27 куб. аршинам = 9,71268 м³

1 куб. аршин = 4096 куб. вершкам = 0,35973 м³

1 куб. фут = 1728 куб. дюймам = 28,3168 дм³

1 куб. вершок = 87,8244 см³

1 куб. дюйм = 16,387 см³

1 куб. лінія = 16,387 мм³

Міри ємкості (для рідин)

1 бочка = 40 вілтам = 4,920 пл = 0,492 м³

1 відро = 4 чертям = 16 вишнім пляшкам = 20 горілчанам (пивним)
пляшкам = 1,230 дкл = 12,2990 дм³

1 чверть = 5 горілчанам пляшкам = 3,07475 дм³

1 горілчана пляшка = 1,5 штофа = 0,61497 дм³

1 штоф = 10 чаркам = 1,22990 дм³

1 винна пляшка = 0,769 дм³

1 чарка = 2 шкаликам = 122,990 см³

1 шкалик = 61,4970 см³

Міри ваги (маси)

1 пуд = 40 фунтам = 16,38 кг

1 фунт = 32 лотам = 96 золотникам = 0,4095 кг

1 лот = 3 золотникам = 12,797 г

1 золотник = 96 долям = 4,266 г

1 доля = 44,435 мг

Міри довжини

1 миля = 7 верстам = 7,46760 км

1 верста = 500 сажням = 1,0668 км

1 сажень = 3 аршинам = 7 футам = 100 соткам = 2,13360 м

1 сажень морська = 6 футам

1 аршин = 16 вершкам = 0,71120 м

1 вершок = 1,7 дюйма = 4,4450 см

1 фут = 12 дюймам = 0,30480 м

1 дюйм = 10 лініям = 2,5400 см

1 лінія = 10 гочкам = 2,5400 мм

1 точка = 0,254 мм = 254 мікронам

1 сота частка сажені ("сотка") = 2,104 см

1 кабельтів (морська міра довжини) = 0,1 морської милі = 185,2 м

Міри поверхні

1 кв. верста = 250 000 кв. саженям = 1,13806 км²

1 десятина = 2400 кв. саженям = 1,09254 га = 10930 м²

1 кв. сажень = 9 кв. аршинам = 49 кв. футам = 4,55225 км²

1 кв. аршин = 256 кв. вершкам = 784 кв. дюймам = 0,50580 м²

1 кв. вершок = 19,7580 см²

1 кв. фут = 144 кв. дюймам = $0,09290 \text{ м}^2 = 9,290 \text{ дм}^2$

1 кв. дюйм = 100 кв. лініям = $6,451 \text{ см}^2$

1 кв. лінія = $6,451 \text{ мм}^2$

Додаток 7. Множники і префікси для утворення десяткових кратних і часткових одиниць та їхні позначення

Множник	Префікс	Позначення префікса	Множник	Префікс	Позначення префікса
10^{18}	екса	Е	10^{-1}	деци	д
10^{15}	пета	П	10^{-2}	санти	с
10^{12}	тера	Т	10^{-3}	мілі	м
10^9	гіга	Г	10^{-6}	мікро	мк
10^6	мега	М	10^{-9}	нано	н
10^3	кіло	к	10^{-12}	піко	п
10^2	гекто	г	10^{-15}	фемто	ф
10^1	дека	да	10^{-18}	ато	а

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

ОСНОВНА

1. Доливо-Добровольский Л.Б., Кульский Л.А., Накорчевская В.Ф. Химия и микробиология воды. - К., 1971.
2. Кульский Л.А., Накорчевская В.Ф. Химия воды. Физико-химические процессы обработки природных и сточных вод. - К., 1983.
3. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод. - К., 1981.
4. Пелешенко В.І., Хільчевський В.К. Загальна гідрохімія. - К., 1997.
5. Руководство к лабораторным занятиям по коммунальной гигиене /Под ред. Е.И.Гончарука. - М., 1990.
6. Хільчевський В.К., Горев Л.М., Пелешенко В.І Методи очистки вод. - К., 1993.
7. Хільчевський В.К., Пелешенко В.І Методи визначення хімічного складу природних вод. - К., 1993.

ДОДАТКОВА

8. Антонченко В.Я., Давыдов А.С., Ильин В.В. Основы физики воды. - К., 1991.
9. Використання осадів стічних вод у сільському господарстві / В.К. Хільчевський, В.М.Савицький, К.О.Чеботько та ін.. - К., 1997.
10. Гончарук В.В. Концепция улучшения качества питьевой воды в Украине // Химия и технология воды. - 1994. - Т.16, № 5. - С. 467-472.
11. Економіка і екологія водних ресурсів Дніпра / За ред. В.Я.Шевчука. - К., 1996
12. Левковский С.С. Комплексное использование и охрана водных ресурсов СССР. - К., 1982.
13. Малі річки України: Довідник / За ред. А.В.Яцика. - К., 1991.
14. Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод /Под ред. А.В.Каратушева. - Л., 1987.
15. Національна програма екологічного оздоровлення басейну Дніпра та поліпшення якості питної води. - К., 1997.

16. Справочник по водным ресурсам / Под ред. Б.И.Стрельца. К., 1987.
17. Справочник проектировщика. Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий /Под ред. И.А.Назарова. - М.,1977.
18. Хільчевський В.К. Агрогідрохімія. - К., 1995.
19. Хільчевський В.К. Роль агрохімічних засобів у формуванні якості вод басейну Дніпра. - К., 1996.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА

ВСТУП

1. РОЛЬ КОМПОНЕНТІВ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ВОДИ У ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ

- 1.1. Водно-сольовий обмін в організмах
- 1.2. Мінеральні речовини. Мікроелементи
- 1.3. Газу
- 1.4. Токсичність радіоактивних елементів
- 1.5. Загальні гігієнічні вимоги до води, яка використовується людиною

2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ВОДОКОРИСТУВАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

- 2.1. Водозабезпеченість і водокористування у світі
- 2.2. Водозабезпеченість і водокористування в Україні
- 2.3. Водовідведення в Україні
- 2.4. Водокористування та водовідведення в басейнах малих річок
- 2.5. Охорона природних вод від забруднення

3. ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА КАНАЛІЗАЦІЇ

- 3.1. Історія водопостачання та каналізації
- 3.2. Загальна схема водопостачання
- 3.3. Водозабори, насосні станції та водоочисні споруди
- 3.4. Водопровідна мережа
- 3.5. Каналізація
- 3.6. Споруди для очистки стічних вод

4. ЯКІСТЬ ВОДИ ДЛЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ

- 4.1. Фізичні та хімічні показники якості води
- 4.2. Характеристика вод за видами їх використання
- 4.3. Джерела забруднення природних вод

5. БАКТЕРІАЛЬНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ВОД

- 5.1. Загальна характеристика деяких мікроорганізмів
- 5.2. Санітарно-показові організми води та контроль за їх вмістом

5.3.	Мікробіологічні процеси на водопровідних станціях	1
5.4.	Біологічні організми в стічних водах	1
6.	ФІЗИЧНІ ТА ХІМІЧНІ МЕТОДИ ОЧИСТКИ ПРИРОДНИХ ВОД ДЛЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ	1
6.1.	Класифікація домішок за фазоводисперсним станом	1
6.2.	Основні технологічні процеси очистки води	1
6.3.	Освітлення, усунення колірності, присмаків і запахів	1
6.4.	Пом'якшення, знесолення та опріснення	1
6.5.	Стабілізація та дегазація	1
6.6.	Вилучення заліза, марганцю, силіцію, фтору.	1
	Фторування	1
6.7.	Знезараження води хлором, озоном, сріблом та йодом	1
6.8.	Безагреагентні методи знезараження води	1
6.9.	Ефективність різних методів знезараження води	1
6.10.	Очистка води від радіоактивних речовин	1
6.11.	Побутові пристрої для очистки води.	1
	Виробництво природної столової води	1
7.	ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА САНИТАРНИЙ НАГЛЯД ЗА ДЖЕРЕЛАМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ	1
7.1.	Розміщення водозаборів і зон санітарної охорони	1
7.2.	Санітарна експертиза проектів водопостачання	1
7.3.	Поточний санітарний нагляд за джерелами і спорудами водопостачання	1
7.4.	Дослідження джерел водопостачання та гігієнічна оцінка якості води	1
8.	СТІЧНІ ВОДИ ТА МЕТОДИ ЇХ ОЧИСТКИ	2
8.1.	Міські стічні води	2
8.2.	Фактори, які впливають на склад міських стічних вод, їх аналіз	2
8.3.	Механічні методи очистки	2
8.4.	Біологічні методи очистки	2
8.5.	Фізико-хімічні та хімічні методи очистки	2
9.	БІОХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ НА ОЧИСНИХ СПОРУДАХ	2

9.1. Окисно-відновні процеси у стічних водах	225
9.2. Очисні споруди з аеробним розкладанням	226
9.3. Очисні споруди з анаеробним розкладанням	231
9.4. Біохімічна очистка стічних вод у ґрунтах	237
9.5. Біохімічна очистка стічних вод у біологічних ставках	239
9.6. Використання продуктів біохімічних процесів	240
10. ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД І САНІТАРНИЙ НАГЛЯД ЗА ЇЇ ЕФЕКТИВНІСТЮ	242
10.1. Розміщення очисних споруд	242
10.2. Санітарна експертиза проектів каналізації та основних очисних споруд	248
10.3. Поточний санітарний нагляд за ефективністю роботи очисних споруд	258
10.4. Дослідження стічних вод і гігієнічна оцінка їх якості після очистки	262
11. РОЗРАХУНКИ УМОВ ВИПУСКУ СТІЧНИХ ВОД У ВОДНІ ОБ'ЄКТИ	273
11.1. Показники шкідливості речовин у воді	273
11.2. Визначення кратності розведення	274
11.3. Розрахунок умов випуску стічних вод за загально- санітарними показниками шкідливості й реакцією води	278
11.4. Розрахунок умов випуску стічних вод за органо- лептичними властивостями природних вод	284
11.5. Розрахунок умов випуску стічних вод за концен- трацією речовин, нормованих санітарно-токсикологіч- ними ознаками шкідливості	285
11.6. Розрахунки кількості стічних вод населеного пункту та їхнього складу	287
12. ГІДРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТАНУ ВОД- НИХ ОБ'ЄКТІВ	290
12.1. Евтрофування водойм	290
12.2. Самоочищення водних об'єктів	292
12.3. Комплексна оцінка забрудненості водних об'єктів	296
ДОДАТКИ	305
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	315