МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
Одеський державний екологічний університет

Є. І. Колодеєв, М. В. Захарова

ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Навчальний посібник

«»

Одеса
«»
2012

ББК 26.22
К 61
УДК 504.4.062.2

Колодеєв Є. І., Захарова М. В.
Гідроекологічні показники водопостачання та водовідведення: Навчальний посібник. – Одеса: «», 2012. – 125 с.: іл.

У навчальному посібнику «Гідроекологічні показники водопостачання та водовідведення» у відповідності з робочою програмою дисципліни «Раціональне використання і охорона водних ресурсів» розглядаються питання оцінки, обліку та планування раціонального використання водних ресурсів різними галузями водного господарства.

Навчальний посібник призначено для розширення, поглиблення та закріплення теоретичних знань, одержаних студентами під час аудиторних занять та забезпечення підготовки до самостійного вивчення дисципліни.

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

Рецензенти:
В.І. Михайлов, д.геогр.н., проф. кафедри автоматизації та управління технологічними процесами (Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова);
Г.М. Анреєвська, к.геогр.н., доц. кафедри інженерних конструкцій і водних досліджень (Одеський національний морський університет);
Ю.С. Медведєва, к.геогр.н., доц. кафедри гідрографії та морської геодезії (Одеська національна морська академія).

ISBN

© Є. І. Колодеєв, М. В. Захарова, 2012
© Одеський державний
екологічний університет, 2012

ЗМІСТ

ВСТУП 5
Розділ 1. Основні відомості про водокористування та водовідведення ... 6
1.1. Основні показники використання води 6
1.2. Водозабезпеченість та водокористування в світі 11
1.3. Водозабезпеченість та водокористування в Україні 17
1.4. Водовідведення в Україні 23

Розділ 2. Гідроекологічні особливості водопостачання 28
2.1. Джерела водопостачання 28
2.2. Якість води та види водокористування 30
2.3. Водозабірні споруди для водопостачання 35
2.4. Водопровідні мережі 39
2.5. Системи водопостачання міст 42
2.6. Системи водопостачання промислових підприємств 43

Розділ 3. Норми та режим водопостачання 50
3.1. Питоме водоспоживання 50
3.2. Витрати води на господарсько-питні потреби міського населення 52
3.3. Витрати води на комунальні потреби міст 54
3.3.1. Норми водоспоживання для управління житлово-комунального господарства 56
3.4. Витрати води для промислових підприємств 60
3.4.1. Норми водоспоживання для підприємств цукрової промисловості 63
3.4.2. Норми водоспоживання для підприємств машинобудівельної промисловості 69
3.5. Витрати води на пожежогасіння 73

Розділ 4. Гідроекологічні особливості водовідведення 76
4.1. Класифікація та стисла характеристика стічних вод 76
4.2. Загальна схема водовідведення та її основні елементи 78
4.3. Системи водовідведення 81
4.4. Загальноміські очисні споруди 85
4.5. Умови приймання стічних вод у міську систему водовідведення 89
4.6. Умови скиду стічних вод у водойми 91

Розділ 5. Норми та режим водовідведення 95
5.1. Визначення розрахункових витрат стічних вод 95
5.2. Витрати стічних вод від населення міста 97

5.3. Витрати стічних вод від промислових підприємств 97
5.3.1. Норми водовідведення для підприємств цукрової промисловості 100
5.3.2. Норми водовідведення для підприємств машинобудівельної промисловості 102

Розділ 6. Особливості систем водопостачання та водовідведення міста Одеса 104
6.1. Історія водопостачання та водовідведення 104
6.2. Характеристика системи водопідготовки питної води 109
6.3. Характеристика системи очищення стічних вод 112
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК 119
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК 121

ВСТУП

Навчальний посібник з дисципліни «Раціональне використання і охорона водних ресурсів» складено у відповідності з робочою програмою цієї дисципліни. Метою дисципліни «Раціональне використання і охорона водних ресурсів» є забезпечення студентів обсягом теоретичних знань і практичних навичок, необхідних при вирішенні питань оцінки ресурсів питної або технічної води для потреб населення та промислових підприємств.

В завдання курсу також входять основні напрямки водогосподарської діяльності в різних галузях народного господарства, а також облік та планування раціонального використання водних ресурсів. В посібнику розглядаються методи контролю і використання водних ресурсів, а також планування водозабезпечення населення та народного господарства, нормативні вимоги до гранично-допустимих скидів та гранично-допустимих концентрацій забруднювальних речовин у місцях водокористування.

В результаті вивчення дисципліни «Раціональне використання і охорона водних ресурсів» студенти повинні знати основні напрямки раціонального використання водних ресурсів, державні вимоги до кількісних і якісних характеристик при вирішенні питань водокористування і водопостачання.

Після вивчення дисципліни студенти повинні вміти підготувати документи до одержання дозволу на спеціальне використання водних ресурсів, визначати розмір і межі водоохоронних зон, а також складати звітні документи за об’єми використання водних ресурсів.

Основними структурними складовими навчального посібника є шість розділів, в яких послідовно та стисло розкривається теоретичний зміст цієї дисципліни, а саме: основні відомості про водокористування та водовідведення у світі та Україні, джерела та вимоги щодо водопостачання, особливості систем водопостачання міст, промисловості, характеристики систем водовідведення, основні технологічні схеми очисних споруд, розрахункові норми водопостачання й водовідведення та ін.

Кожен розділ закінчується контрольними питаннями, для відповіді на які необхідно знати основні теоретичні положення. Ці питання корелюють із завданнями до модульних контрольних робіт, і тому є корисними при підготовці до них.

Розділ 1. Основні відомості про водокористування та водовідведення

1.1. Основні показники використання води

Залежно від характеру користування водами галузі народного господарства раніше поділяли на: водоспоживачів і водокористувачів [1].

До ***водоспоживачів*** належали ті галузі народного господарства, які забирають воду із джерела водопостачання, використовують її для виготовлення продукції, а потім повертають, але в іншому місці, в меншій кількості й іншої якості. Це зрошуване землеробство, комунальне та промислове водопостачання і теплоенергетика.

До ***водокористувачів*** належали галузі народного господарства, які не забирають, а використовують воду як середовище, або забирають її на короткий час і знову повертають. Проте вони можуть змінювати якість води та режим водного об'єкта. Це гідроенергетика, водний транспорт, рибне господарство, лісосплав і водний туризм.

Проте в сучасних умовах такий поділ дуже умовний, тому що грані між водоспоживачами і водокористувачами поступово згладжуються. Практично всі галузі народного господарства стали або стають водоспоживачами. Тому Водним кодексом України [9] не передбачений поділ галузей народного господарства на водокористувачів і водоспоживачів, а дається одне поняття – ***водокористування***, під яким розуміється сукупність усіх форм і видів використання водних ресурсів.

Водокористувачами в Україні можуть бути підприємства, установи, організації різних форм власності й окремі громадяни України, а також іноземні та фізичні особи, які забирають воду з водних об'єктів для використання, скидають у них стічні води або користуються водними об'єктами з певною метою. У користування надаються водні об'єкти, які становлять єдиний державний водний фонд.

Водні об'єкти для скиду стічних вод використовуються лише в окремих випадках і за дотримання певних вимог та умов, передбачених законодавством.

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 та одержують воду із систем первинних водокористувачів і скидають стічні води в їхні системи.

Вторинні водокористувачі можуть здійснювати скид стічних вод у водні об'єкти також на основі дозволів на спеціальне водокористування.

Основні права водокористувачів згідно з водним законодавством формулюються наступними можливостями:

– здійснювати загальне та спеціальне водокористування;

– використовувати водні об’єкти місцевого значення на умовах оренди;

– вимагати від власника водного об’єкта або водопровідної системи підтримання належної якості води за умовами водокористування;

– споруджувати гідротехнічні та інші водогосподарські об’єкти, здійснювати їх реконструкцію і ремонт;

– передавати для використання воду іншим водокористувачам на визначених умовах.

Основні обов’язки водокористувачів формуються наступними положеннями:

– економно використовувати водні ресурси, дбати про їх відтворення і поліпшення якості вод;

– використовувати воду (водні об’єкти) відповідно до цілей і умов їх надання;

– дотримуватися встановлених нормативів гранично допустимого скиду забруднювальних речовин та встановлених лімітів забору води, лімітів використання води та лімітів скиду забруднювальних речовин, а також санітарних та інших вимог щодо впорядкування своєї території;

– використовувати ефективні сучасні технічні засоби і технології для утримання своєї території в належному стані, а також здійснювати заходи щодо запобігання забрудненню водних об’єктів стічними (дощовими, сніговими) водами, що відводяться з неї;

– не допускати порушення прав, наданих іншим водокористувачам, а також заподіяння шкоди господарським об’єктам та об’єктам навколишнього природного середовища;

– утримувати в належному стані зони санітарної охорони джерел питного та господарсько-побутового водопостачання, прибережні захисні смуги, смуги відведення, берегові смуги водних шляхів, очисні та інші водогосподарські споруди та технічні пристрої;

– здійснювати облік забору та використання вод, вести контроль за якістю і кількістю скинутих у водні об’єкти зворотних вод і забруднювальних речовин та за якістю води водних об’єктів у контрольних створах, а також подавати відповідним органам звіти в порядку, визначеному законодавчими актами;

– здійснювати погоджені у встановленому порядку технологічні, лісомеліоративні, агротехнічні, гідротехнічні, санітарні та інші заходи щодо охорони вод від вичерпання, поліпшення їх стану, а також припинення скиду забруднених стічних вод;

– здійснювати спеціальне водокористування лише за наявності дозволу;

– здійснювати невідкладні роботи, пов’язані з ліквідацією

наслідків аварій, які можуть спричинити погіршення якості води, та надавати необхідні технічні засоби для ліквідації аварій на об'єктах інших водокористувачів у порядку, встановленому законодавством.

У разі маловоддя, загрози виникнення епідемій, а також в інших складних умовах права водокористувачів можуть бути обмежені. При цьому пріоритетність надається використанню вод для питних і побутових потреб населення.

Права водокористувачів обмежуються також під час аварій або за умов, що можуть призвести або призвели до забруднення вод, та при здійсненні невідкладних заходів щодо запобігання стихійному лиху, спричиненому шкідливою дією вод, і ліквідації його наслідків. Права водокористувачів, які здійснюють спеціальне водокористування, можуть бути обмежені органом, який видав дозвіл на спеціальне водокористування або надав водний об'єкт у користування або в оренду.

Права вторинних водокористувачів можуть бути обмежені первинними водокористувачами за погодженням з органом, який видав дозвіл на спеціальне водокористування або надав водний об'єкт у користування.

Різновиди водокористування зумовлюють необхідність його класифікації за певними ознаками. Основою є класифікація за ***господарсько-цільовим призначенням***, це: комунально-побутове, промислове, сільськогосподарське, рибогосподарське, рекреаційне, транспортне й енергетичне водокористування.

За ***способом користування*** водами розрізняється загальне водокористування, яке здійснюється без застосування споруд або технічних пристроїв, що впливають на стан вод, і спеціальне, яке здійснюється із застосуванням гідротехнічних споруд і пристроїв.

Загальне водокористування здійснюється безкоштовно і без будь-якого дозволу державних органів (забір води із криниць, купання, напування худоби безпосередньо із водотоків і водойм, аматорське рибальство тощо).

Спеціальне водокористування здійснюється на основі дозволів, що видаються органами з регулювання використання й охорони вод.

Спеціальне водокористування може здійснюватися підприємствами, установами, організаціями незалежно від форм власності, окремими громадянами, а також іноземними юридичними і фізичними особами для задоволення питних, побутових, лікувальних, оздоровчих та інших потреб населення, а також з метою використання у сільському господарства, промисловості, транспорті, енергетиці, рибному господарстві тощо.

До спеціального водокористування ***не належить***:

– пропуск води через гідровузли (крім гідроенергетичних);

– подача (перекачування) води водокористувачам у маловодні регіони;

– усунення шкідливої дії вод (підтоплення, засолення, заболочення);

– використання підземних вод для вилучення корисних компонентів;

– вилучення води з надр разом з видобуванням корисних копалин;

– виконання будівельних, днопоглиблювальних і вибухових робіт;

– видобування корисних копалин і водних рослин;

– прокладання трубопроводів і кабелів;

– проведення бурових, геологорозвідувальних робіт;

– інші роботи, які виконуються без забору води та скиду зворотних вод.

Видача дозволу на спеціальне водокористування здійснюється за клопотанням водокористувача з обґрунтуванням потреби у воді, погодженим з державними органами водного господарства – у разі використання поверхневих вод, державними органами геології – у разі використання підземних вод та державними органами охорони здоров'я – у разі використання водних об'єктів, віднесених до категорії лікувальних.

У дозволі на спеціальне водокористування встановлюється ліміт забору води, ліміт використання води та ліміт скиду забруднювальних речовин. У разі настання маловоддя ці ліміти можуть бути зменшені спеціально уповноваженими державними органами без коригування дозволу на спеціальне водокористування. Спеціальне водокористування є платним.

Спеціальне водокористування може бути ***короткотерміновим*** (до трьох років) або ***довготерміновим*** (від трьох до двадцяти п'яти років).

Користування водними об'єктами, які мають особливе державне значення, наукову або культурну цінність, а також тими, що входять до складу систем оборотного водопостачання теплових та атомних електростанцій, може бути частково або повністю заборонено в порядку, встановленому законодавством.

Використання води різними галузями господарства характеризується певними показниками, основними серед яких є: повне, необоротне і одноразове необоротне використання, необоротні втрати води, водовідведення.

Повне водокористування – забір води із водного об'єкта комунальними міськими водопроводами, промисловими і сільськогосподарськими системами водозабезпечення, водоводами та каналами галузевого й комплексного призначення тощо.

Необоротне водокористування – необоротні втрати води в процесі використання її населенням у побуті, промисловому виробництві, зрошенні, сільськогосподарському водопостачанні.

Одноразове необоротне використання води – забір води для заповнення неробочих («мертвих») об'ємів водосховищ, місткостей оборотних систем водопостачання, підземних місткостей при законтурному обводненні нафтових родовищ тощо.

Необоротні втрати води – невиробничі втрати води на випаровування і фільтрацію в системах водозабезпечення і при безпосередньому використанні її користувачами; втрати води на випаровування з поверхні водосховищ і ставків, на фільтрацію крізь греблі, шлюзи та інші споруди.

Необхідно зазначити, що термін ***«необоротні втрати води»***, вживаний у практиці водокористування, умовний і відповідає своєму призначенню лише стосовно невеликих річкових басейнів і територій, для яких додаткове випаровування дійсно є втратою води. Для великих територій додаткове випаровування в результаті господарської діяльності не є необоротними втратами, оскільки значна частина води може повертатися на ці самі території у вигляді додаткових опадів, і тим більше, чим більшою є площа території. Для Землі в цілому цей термін взагалі втрачає своє значення.

Характер і ступінь використання водних ресурсів в окремих регіонах залежать від природних, економічних і соціальних умов. Наприклад, кліматичні особливості північних регіонів можуть зумовлювати утруднення з водозабезпеченням взимку, коли водотоки перемерзають. Особливої гостроти набувають проблеми водозабезпечення в південних посушливих районах, де для їх вирішення необхідно здійснювати регулювання і територіальний перерозподіл водних ресурсів.

На можливості організації безперебійного водозабезпечення і будівництва з цією метою гідротехнічних споруд впливають також рельєф території, ґрунтовий і рослинний покрив, геологічні і гідрогеологічні умови, гідрологічні особливості водних об'єктів та інші природні фактори.

Економічні умови впливають і на характер, і на ступінь використання водних ресурсів. Масштаби і спрямованість цього впливу в окремих регіонах визначаються рівнем розвитку продуктивних сил, структурою існуючих територіально-виробничих комплексів і тих, що формуються, а також рівнем заселеності та територіальної концентрації населення.

У другій половині XX ст. у зв'язку з інтенсифікацією промислового й сільськогосподарського виробництв, різким збільшенням міського населення та благоустроєм населених пунктів, значно збільшилося використання води, що обумовило значні кількісні й якісні перетворення водних ресурсів.

До складу інженерних комунікацій промислових підприємств та міст, окрім системи водопостачання, входить комплекс каналізаційних мереж і споруд, за допомогою яких здійснюється відведення

відпрацьованих вод. Це здійснюється тоді, коли подальше використання цих вод стає неможливим з технічних причин або відповідно до техніко-економічних міркувань. До комунікацій можуть входити споруди для попередньої обробки стічних вод та вилучення з них цінних компонентів.

Стосовно питання водовідведення у Водному кодексі України [9] застосовуються 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 або 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.

Перехід до безстічних систем каналізації або систем з мінімальною кількістю стічних вод можна провести багаторазовим використанням відпрацьованих вод та заміною водяного охолодження на повітряне. Використання безводних технологій повністю виключає утворення стічних вод.

У процесі проектування і будівництва очисних споруд необхідно враховувати склад і властивості стічних вод, норми водовідведення, умови скиду стічних вод у міську каналізацію і водойми та відповідний ступінь очищення.

1.2. Водозабезпеченість та водокористування в світі

Вода – одна із найбільш поширених речовин на Землі. Із 510 млн км^2 її площі водою покрито 361 млн км^2, або 71%. Вода і суша розподілені на земній кулі нерівномірно. В північній півкулі на частку суші припадає 100 млн км^2, або 39%, а в південній – 49 млн км^2, або 19%. Площа водної поверхні в північній півкулі дорівнює 155 млн км^2, а в південній – 206 млн км^2. Розподіл води за окремими видами водних утворень наведено в табл. 1.1.

Водні ресурси в широкому розумінні – це всі природні води Землі, представлені водами річок, озер, водосховищ, боліт, льодовиків, водоносних горизонтів, океанів і морів.

Згідно з табл. 1.1. основна маса води зосереджена у Світовому океані – 1338 млн км^3, або 96,5% загальної кількості її на Землі. Якщо такі великі запаси води рівномірно розподілити по поверхні земної кулі, то висота шару води становила б більше, ніж 2600 м.

Таблиця 1.1 – Розподіл води за окремими видами водних утворень Землі [1]

Види водних утворень	Площа поширення, млн км^2	Об'єм, тис. км^3	Частка загальних запасів, %	Періодичність природного відновлення
1	2	3	4	5
Світовий океан	361,3	1338000	96,5	2500 років
Підземні води	134,8	23400	1,7	1400 років
Переважно прісні підземні води	134,8	10530	0,76	-
Ґрунтова волога	82,0	16,5	0,001	1 рік
Льодовики і постійний сніговий покрив	16,228	24064,1	1,74	9700 років
Підземний лід зони багаторічної мерзлоти	21,0	300	0,022	10000 років
Запаси води в озерах, у тому числі: прісних солоних	2,058 1,236 0,822	176,4 91,0 85,4	0,013 0,007 0,006	17 років - -
Води боліт	2,683	11,47	0,0008	5 років
Води в руслах річок	148,8	2,12	0,0002	16 днів
Біологічна вода	510,0	1,12	0,0001	Кілька годин
Вода в атмосфері	510,0	12,9	0,001	8 днів
Загальні запаси води	510	1385984,6	100	-
Прісні води	148,8	35029,21	2,53	-

Завдяки великій теплоємності води океани щорічно накопичують величезну кількість тепла за рахунок поглинання сонячної енергії. Все це тепло зрештою повертається в атмосферу, в основному через втрату його на випаровування, а також у вигляді турбулентного теплообміну між океаном і атмосферою та довгохвильового випромінювання з поверхні океану. Підраховано, наприклад, що охолодження верхнього 100-метрового шару води океану всього на 0,1ºС здатне підвищити в середньому на 6ºС температуру атмосфери.

Значні запаси води – понад 24 млн км^3 – акумульовані в льодах Антарктиди, Гренландії, островах Арктики і високогірських районах суші. Майже вся вона практично вилучена зі щорічного вологообігу. Зміна запасів води в льодах позначається на рівні Світового океану. Повне танення

сучасного льодового покриву на Землі призвело б до підвищення рівня океану на 47 м і зміни деяких процесів вологообігу. В льодовиках полярних країн і високогірських районів зосереджена більша частина прісних вод (69%). Проте через недостатню кількість вимірювань потужності льоду об'єм акумульованої у льодах води слід розглядати як приблизний.

Загальний об'єм підземних вод визначений менш точно, ніж запаси води в льодовиках, оскільки встановити його величину дуже важко, тому що невідома нижня межа поширення підземних вод. Істотно змінюється також вміст води в гірських породах, які складають земну кору. На сьогодні об'єм підземних вод орієнтовно становить 23,4 млн км^3. Із цієї кількості 16,5 тис. км^3 води становить ґрунтова волога, тісно пов'язана з погодними умовами: у вологі сезони відбувається її накопичення, в сухі – витрачання на випаровування і транспірацію. Майже вся вона міститься у двометровому шарі ґрунту.

В озерах світу міститься 176,4 млн км^3 води, з них 91 тис. км^3 припадає на води прісних озер, 95% усієї води озер (168 тис. км^3) зосереджено в 145 великих озерах світу (площею понад 100 км^2).

Великі запаси води закумульовані у водосховищах, повний об'єм найбільших із них становить 5 тис. км^3. Основна частина цих запасів зосереджена в 143 великих водосховищах (об'ємом понад 5 км^3), сумарний об'єм яких 4286 км^3, а корисний – 1438 км^3. Повний об'єм водосховищ регулює близько 14% сумарного річного стоку річок, корисний – приблизно 7%.

Майже 2% площі суші займають болота, а сумарний об'єм води в них дорівнює 11470 км^3.

В атмосфері вода перебуває у вигляді водяної пари, крапель води і кристалів льоду. Загальна кількість її – 12,9 тис. км^3, або 25 мм на всю поверхню земної кулі. Основна її маса (90%) зосереджена в нижніх шарах атмосфери (0-7 км).

Сумарні одночасові запаси води в руслах річок світу оцінюються в 2120 км^3. За рік річки виносять в океан близько 45 тис. км^3 води. Незважаючи на те, що об'єм річкових вод сягає лише 0,0002% загальних запасів води на Землі й тільки 0,006% прісних вод, вони мають дуже велике значення для людини, оскільки є відновлюваним джерелом водних ресурсів.

Кількість біологічної води, тобто води, яка міститься в тваринах і рослинах, дуже незначна (1120 км^3) порівняно з кількістю інших видів вод. Проте вона є важливою ланкою в процесі вологообігу. Так, більша частина води, яка випаровується із суші, надходить в атмосферу із ґрунту шляхом транспірації. Приблизно 12% сумарного випаровування з земної поверхні здійснюється рослинами.

Із усієї кількості води на Землі близько 97,5% її є солоною або різного ступеня мінералізованою. До солоних належать води океанів і морів, води солоних озер і значна частина підземних вод, які акумульовані в глибоких

шарах земної кори, в середньому нижче 150-200 м, рідше – 1000-2000 м від поверхні.

Отже, об'єм прісних вод становить більш як 35 млн км^3, або 2,53% загальних запасів води на Землі. На частку вод прісних озер припадає 0,26%, річок – 0,006%, а атмосфері міститься 0,04% загальної кількості прісних вод. Проте не всі прісні води легко доступні для використання: відомо, що 69% світових запасів прісних вод зосереджені у вигляді льоду в районах, де господарська діяльність не розвинута; приблизно 30% прісних вод залягають у поверхневих шарах земної кулі, з яких лише деяка частина доступна для використання.

Водні ресурси у більш вузькому розумінні – це природні води, які використовуються для господарських потреб у певний 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 зазнає щорічних змін. Вимірюються ці запаси в об'ємних одиницях (м^3 або км^3).

Відновлювані водні ресурси оцінюються 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 є ***відновлюваним водним ресурсом*** земної кулі. Найчастіше за все під відновлюваними водними ресурсами розуміється лише частина 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 розуміється лише величина середньорічного стоку річок.

Стік води річок можна до певної міри використовувати з господарською метою, тоді як статичні (вікові) запаси вод в озерах, льодовиках, водоносних горизонтах не можна вилучати на господарські потреби без завдання шкоди цьому водному об'єкту або зв'язаним з ним річкам [2].

Запаси прісних вод, як вказано вище, зосереджені перш за все у верхньому шарі земної кори, великих озерах і льодовиках. Розподілені водні ресурси між континентами також 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 мешканця) 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 км^3 води на рік.

Стік річок також дуже нерівномірно розподілений впродовж року. Більша його частина (60-70%) припадає на паводковий період, і для різних континентів він змінюється у різні місяці. Так, у Європі 48% стоку відбувається в квітні-липні, в Азії 80% стоку – в травні-жовтні, в Африці 74% стоку – в січні-червні, у Північній Америці 54% стоку – в травні-серпні. Отже, багатоводний сезон охоплює березень-вересень. Впродовж цього періоду надходить до 70% річного стоку, тому запаси води на континенті збільшуються на 28%. Взагалі для земної суші багатоводний сезон триває з травня до жовтня. За цей час усі річки світу дають 63% річного стоку. Сумарні запаси прісних вод на всіх континентах збільшуються на 26%. Нерівномірність розподілу впродовж року сумарного стоку річок окремих континентів і всього світу зумовлює необхідність його штучного регулювання створенням водосховищ різного призначення.

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

У зв'язку зі зростанням чисельності населення планети водозабезпеченість одного мешканця весь час зменшується. Так, впродовж 1971-1994 рр. величина річкового стоку, яка припадає на одного мешканця впродовж року, в Європі зменшилася на 8%, у Північній Америці – на 27%, в Австралії та Океанії – на 29%, в Азії – на 38%, у Південній Америці – на 42%, в Африці – на 58%. Водозабезпеченість одного мешканця Землі в 1971 р. становила 12,9 тис. м^3 на рік, у 1975 р. – 11,8 і в 1994 р. – 8,27 тис. м^3 на рік, тобто за період з 1971 по 1994 рр. водозабезпеченість зменшилася на 36%.

Основними споживачами води є промисловість, сільське і комунальне господарство. Динаміку і структуру світового водокористування за період 1900-2000 рр. наведено в табл. 1.2.

Так, постійно збільшується використання води для задоволення побутових та господарських потреб, про що переконливо свідчать дані водокористування на душу населення. Якщо у давнину людина витрачала на себе в середньому від 12 до 18 л води на добу, то в XIX ст. у країнах з розвинутою промисловістю ця кількість зросла до 40-60 л, а в XX ст. – до 200-300 л і більше. Із цієї кількості води на фізіологічні потреби людини припадає всього 2,5-3,0 л, решта ж витрачається на господарсько-побутові потреби, на полив зелених насаджень і вулиць, на задоволення потреб підприємств харчової та інших галузей промисловості.

Таблиця 1.2 – Динаміка та структура світового водокористування, км^3/рік [1]

Водокористувачі	1900	1940	1950	1960	1970	1975	1985	2000
Комунально-побутове водопостачання	5/2	40/8	60/11	80/1	120/20	150/25	250/38	440/65
Промисловість	30/2	120/6	190/9	310/15	510/20	630/25	1100/45	1900/70
Сільське господарство	350/260	660/460	860/630	1500/1150	1900/1500	2100/1640	2400/1900	3400/2600
Водосховища (додаткове випаровування)	0/0	1/1	4/4	20/20	70/70	110/110	170/170	240/240
Всього (округлені величини)	400/270	820/500	1100/650	1900/1200	2600/1600	3000/1800	3900/2200	6000/3000

Примітка. В чисельнику – загальний водозабір, у знаменнику – необоротне водокористування.

Питоме водопостачання в містах є більшим, ніж у селах, і значною мірою залежить від ступеня благоустрою (наявності водопроводу, каналізації, центрального водяного опалення тощо). Так, питоме водоспоживання для деяких міст становить [3]: Нью-Йорк – 600 л/д, Париж – 500 л/д, Москва – 400 л/д, Київ – 300 л/д, Лондон – 263 л/д. У великих містах із населенням понад 3 млн чоловік добові витрата води досягають 2 млн м^3, а річні – близько 1 км^3. Кількість використовуваної води одним мешканцем села становить від 20 до 80 л/д [3].

Значна кількість води використовується промисловістю. Наприклад, для виробництва 1 т чавуну необхідно 150-200 м^3 води, з якої 8-17 м^3 становлять необоротні втрати; для переробки 1 т нафтосировини – 30-50 м^3 води (необоротні втрати становлять 1-2 м^3); для переробки 1 т синтетичного каучуку – 2000-3500 м^3 (необоротні втрати становлять до 70 м^3). Використання води промисловістю зі зростанням виробництва продукції й освоєнням нових її видів також збільшується. Так, для виробництва 1 т синтетичних волокон необхідно використати від 2500 до 5000 м^3 води, тоді як на виробництво 1 т бавовняно-паперової тканини витрачається від 300 до 1000 м^3 води. Великими водокористувачами є теплові й атомні електростанції.

Використання величезної кількості води промисловістю є однією з основних причин виникнення проблеми забезпечення людства чистою прісною водою. Пояснюється це передусім виключно високими в багатьох

країнах темпами зростання промислового водокористування в останні 20-40 років, що зумовлено бурхливим розвитком найбільш водомістких галузей промисловості – теплоенергетики (включаючи атомні станції), нафтохімічної (особливо виробництва штучних волокон), целюлозно-паперової, на потреби яких витрачається 80-90% усіх вод, що використовуються промисловістю.

З промисловим водокористуванням пов'язано надходження у водотоки і водойми величезної кількості забруднених стічних вод, що призводить до якісного виснаження водних ресурсів.

В останні десятиріччя значним користувачем води стало сільське господарство, особливо в посушливих районах, де за умов недостатньої природної зволоженості одержувати високі й стійкі врожаї можна лише шляхом зрошення. Кількість води, яка додатково подається для зволоження ґрунту, залежить від природної зони, посушливості року або сезону та видів сільськогосподарських культур. Наприклад, у посушливі роки для зрошення озимої пшениці необхідно від 1,5 до 2,6 тис. $м^3$ води на 1 га за вегетаційний період (залежно від зони – в лісостеповій менше, в степовій більше), кукурудзи – 2,2-3,6, овочів – 1,6-4,0, садів і виноградників – 1,6-3,6 тис. $м^3$. При вирощуванні рису на 1 га необхідно приблизно в шість разів більше води, ніж при вирощуванні пшениці. Площі зрошуваних земель в Україні (та в інших країнах) весь час збільшуються і в 1991 р. становили 2,6 млн га. Крім цього, значна кількість води використовується на обводнення, сільськогосподарське водопостачання та зволоження осушуваних земель у літній період.

На початку 90-х років площа зрошуваних земель у світі дорівнювала 230-250 млн га; для їх зволоження використовувалося приблизно 2500-2700 $км^3$ води за рік. На найближчу перспективу площа зрошення може досягти 420 млн га, для чого необхідно буде збільшити водозабір у 1,5-2,0 рази.

Значними водокористувачами є також гідроенергетика, рибне господарство та водний транспорт. У середньому на земній кулі темпи зростання водокористування оцінюються в 5-6%, а в деяких країнах – 10-12% за рік.

1.3. Водозабезпеченість та водокористування в Україні

Водні ресурси України складаються з місцевого стоку, який формується в річковій мережі на території країни, та стоку, що надходить на її територію з прилеглих територій по Дніпру і його притоках, Сіверському Дінцю, Дунаю й інших річках.

На територію України з її кордонів у середньому за рік надходить 159 $км^3$ води. Отже, сумарні водні ресурси країни становлять 209 $км^3$.

Розподіл їх по окремих річках (крім Дунаю) наведено в табл. 1.3. По Кілійському гирлу Дунаю в Україну надходить 123 км^3 води (загальний середньорічний стік Дунаю становить 203 км^3), по інших річках – 36 км^3, із них по верхньому Дніпру – 18,6, Прип'яті – 6,24, Десні – 5,11, Сейму – 2,16, Осколу – 1,20, Пселу – 0,69, Сіверському Дінцю – 0,52, Айдару – 0,39, Снову – 0,37, Ворсклі – 0,18 км^3. Решта водних ресурсів цих річок формується на території Україні.

Таблиця 1.3 – Водні ресурси основних річок України [1]

Річка	Площа водозбору, км^2	Водні ресурси, км^3/рік		
		середній рік ($P = 50\%$)	маловодний рік ($P = 75\%$)	дуже маловодний рік ($P = 95\%$)
1	2	3	4	5
Дніпро, у тому числі:	504000	53,5	43,0	32,2
Прип'ять	114300	13,2	9,91	6,82
Десна	88900	11,4	8,90	6,42
Сіверський Донець (поблизу м. Лисичанська)	52400	3,47	2,48	1,59
Південний Буг	637000	3,39	2,19	1,26
Дністер	72100	8,66	6,78	4,89
Тиса (поблизу смт Вилок)	9140	6,26	4,70	3,20
Прут	8260	2,08	1,37	0,77

З наведених даних видно, що Україна має значні сумарні водні ресурси. Проте вони не характеризують її водозабезпеченості, оскільки значна частина їх, зокрема води притоку, не завжди в повному об'ємі можуть використовуватися для потреб нашої країни, оскільки є власністю сусідніх держав. Через це власними водними ресурсами України є місцевий стік річок, на який повністю можна розраховувати при плануванні водозабезпечення населення й інших водокористувачів. За запасами місцевих водних ресурсів у розрахунку на одного мешканця (близько 1 тис. м^3 на рік) за визначенням Європейської економічної комісії ООН, Україна належить до ***малозабезпечених водою держав*** (у середньому по Європі водні ресурси на душу населення становлять 5,18 тис. м^3 на рік).

Питома величина місцевого стоку у маловодний рік, за розрахунку на одного мешканця України, дорівнює 0,52 тис. м^3 (з урахуванням

транзитного стоку – 1,02 тис. м^3); у Росії ця величина дорівнює 25,4 тис. м^3, Білорусі – 3,3, Франції – 2,9, Польщі – 1,4 тис. м^3.

Слід відзначити, що максимальний водозабір на господарські потреби спостерігався у 1985 р. і становив близько 30 км^3 (табл. 1.4). Найбільш значним водокористувачем є промисловість, частка якої становила 45% від загального водокористування, на сільське господарство припадало 40% і житлово-комунальне – 15%. У басейнах річок розташовано понад 10 тис. водозаборів.

Таблиця 1.4 – Динаміка споживання води в Україні, млрд. м^3 [4]

Споживання води	Роки								
	1985	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Повне	30,2	29,1	19,5	12,1	11,3	10,8	10,1	9,1	9,4
Промисловість	14,5	14,0	8,8	6,0	6,0	5,8	5,1	4,5	4,6
Сільське господарство	11,7	10,9	6,6	3,0	2,3	2,1	1,3	1,9	2,2
Комунальне господарство	3,6	3,7	3,8	3,1	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5

Оцінюючи водні ресурси, необхідно також враховувати низку обставин, які ускладнюють використання річкових вод.

По-перше, це значні коливання водних ресурсів у часі. Тому в маловодні (посушливі) роки водні ресурси значно менші, ніж у середній за водністю рік. Так, місцевий стік у маловодні роки (75% забезпеченості) становить 45 км^3, а в дуже маловодні (95% забезпеченості) – всього 22 км^3. Саме на цій стік орієнтуються при організації водопостачання та проведенні інших водогосподарських заходів. Нерівномірно розподіляються водні ресурси й за сезонами року.

По-друге, водні ресурси нерівномірно розподілені за територією України, внаслідок чого водозабезпеченість в окремих регіонах неоднакова (табл. 1.5). Найбільшу кількість води мають західні області (Закарпатська, Івано-Франківська, Львівська), де в середній за водністю рік на 1 км^2 площі припадає від 200 до 600 тис. м^3, а на одного мешканця від 2 до 7 тис. м^3 води місцевого стоку. Найменше забезпечені водою південні області, які особливо потребують її для подальшого розвитку промисловості та сільського господарства. Так, у Донецькій, Запорізькій, Миколаївській, Одеській та Херсонській областях на 1 км^2 площі припадає від 5-10 до 40 тис. м^3 води на рік, а на одного мешканця від 120 до 400 м^3, тобто в 15-20 разів менше, ніж у західних областях. У маловодні роки забезпеченість південних областей водами місцевого стоку ще менша, що ускладнює водозабезпечення населених пунктів і промислових центрів.

Таблиця 1.5 – Водозабезпеченість населення адміністративних областей України місцевими водними ресурсами [4]

Область	Чисельність населення, млн осіб	Стік у роки різної водності, млрд. $м^3$		Водозабезпеченість на 1 особу у роки різної водності	
		маловодний	дуже маловодний	маловодний, л/д	дуже маловодний, л/д
1	2	3	4	5	6
АР Крим	2,37	0,53	0,24	612	277
Вінницька	1,72	1,61	1,11	2565	1768
Волинська	1,04	1,68	1,11	4405	2910
Дніпропетровська	3,48	0,57	0,23	449	181
Донецька	4,67	0,85	0,39	498	229
Житомирська	1,34	2,25	1,35	4583	2750
Закарпатська	1,25	6,25	4,44	13721	9747
Запорізька	1,88	0,44	0,23	642	336
Івано-Франківська	1,39	3,61	2,53	7095	4972
Київська	4,44	1,37	0,84	844	518
Кіровоградська	1,08	0,71	0,36	1994	910
Луганська	2,44	1,07	0,59	1201	662
Львівська	2,59	3,94	2,86	4171	3028
Миколаївська	1,23	0,23	0,08	512	178
Одеська	2,42	0,25	0,12	283	136
Полтавська	1,57	1,18	0,63	2057	1090
Рівненська	1,16	1,91	1,38	4057	3257
Сумська	1,24	1,74	1,14	3832	2511
Тернопільська	1,13	1,49	1,13	3645	2764
Харківська	2,85	1,38	0,89	1328	856
Херсонська	1,14	0,07	0,009	176	22
Хмельницька	1,39	1,66	1,16	3277	2290
Черкаська	1,36	0,78	0,47	1575	949
Чернігівська	1,19	2,22	1,66	5120	3828
Чернівецька	0,91	1,02	0,68	3064	2043
Всього	47,3	38,8	25,6	2878	1929

В областях Полісся (Волинська, Рівненська, Житомирська, Чернігівська, північна частина Київської) на 1 км^2 площі припадає 75-1000 тис. м^3 води на рік, а на одного мешканця – 1500-1900 м^3. В областях Лісостепу на 1 км^2 площі водні ресурси становлять 50-70 тис. м^3 на рік, збільшуючись до 100-125 тис. км^3 у східних і західних частинах зони. На одного мешканця тут припадає від 500 до 1500 м^3 води на рік.

Співвідношення об'ємів вод місцевого стоку і припливу в різних регіонах України різні. В більшості з них приплив води перевищує місцевий стік. Винятком є Автономна Республіка Крим, де припливу немає, а також Львівська, Закарпатська і Харківська області, де приплив менший за місцевий стік. Найбільша кількість вод надходить в Одеську та Херсонську області – відповідно 133 і 53,5 км^3. Об'єм відтоку вод із окремих областей змінюється від 3,36 км^3 (із Житомирської) до 134 км^3 (із Одеської).

Негативним фактором, який обмежує можливості використання наявних водних ресурсів, є погіршення якості води через скид у водні об'єкти стічних вод, внаслідок чого вона забруднюється, втрачає корисні властивості й часто стає непридатною для певних видів використання.

Наведені вище величини стоку є середньою, щорічно відновлюваною величиною природних водних ресурсів України.

Значну частину території України (переважно північну) посідають болота, заболочені й перезволожені землі – 6569 тис. га, в яких зосереджена велика кількість води (близько 30 км^3). Тільки при осушенні таких земель частина вод скидається у водотоки і поповнює ресурси річкового стоку.

Україна має значні запаси підземних вод. Як і поверхневі, підземні води складаються зі щорічно відновлюваних і вікових запасів. Води зони активного водообміну, об'єм яких становить 18,6 м^3/рік, є найціннішими, оскільки вони щорічно відновлюються.

Підземні води зосереджені в окремих артезіанських басейнах і провінціях. Найбільше їх припадає на Дніпровсько-Донецький (57,4%) та Волино-Подільський (16,9%) артезіанські басейни. В інших регіонах України ресурси підземних вод значно менші (в гідрогеологічній провінції Українського щита 10,1%, Причорноморському артезіанському басейні – 8,7%, Карпатській гідрогеологічній провінції – 3,5%, Донецькій – 2,8%, Гірському Криму – 0,6%).

Частина підземних вод безпосередньо пов'язана з поверхневими водами, вони надходять до річок у вигляді підземного стоку (11,4 км^3/рік) і враховуються при визначенні ресурсів поверхневих вод.

Крім територіальної, водним ресурсам України властиві також значна мінливість у часі (внутрішньорічна і багаторічна), що необхідно врахувати при оцінці водозабезпеченості, та різноманіття показників якості (мутність, хімічний склад, мінералізація) і термічного режиму.

Використання води характеризується значною сезонною, місячною і внутрішньодобовою нерівномірністю. Якщо цілодобово працюючі промислові підприємства, населені пункти, теплові й атомні електростанції використовують воду рівномірно, то зрошувальне землеробство, водний транспорт, гідроенергетика і рибне господарство – нерівномірно. Так, при зрошенні необхідно подавати воду у вегетаційний період; водний транспорт потребує необхідних глибин водних об'єктів впродовж навігації; рибне господарство повинно мати певну кількість води в період нересту риби тощо. Все це ускладнює використання і розподіл води між різними користувачами.

Основними водокористувачами України залишаються підприємства електроенергетики, житлово-комунального та сільського господарства, а також металургії. Взагалі використання води на різні потреби у 2007 році становило 10 млрд. $м^3$ і мало тенденцію до збільшення порівняно із 2006 р. У системах водопостачання використано 48883 млн $м^3$ води, що на 1167 млн $м^3$ більше, ніж у 2006 р. Одночасно зафіксовано зниження обсягів використання води на господарсько-питні потреби (на 107 млн $м^3$) у житлово-комунальній галузі.

В адміністративному плані [5] значно зменшився забір води переважно в:

– м. Києві – на 73,5 млн $м^3$ (з 859,9 до 786,4 млн $м^3$, як за рахунок скорочення використання води на виробничі, так і господарсько-побутові потреби);

– Луганській області – на 34,6 млн $м^3$ (з 606,2 до 571,6 млн $м^3$ за рахунок зменшення об'ємів вилучення шахтної води в процесі видобування корисних копалин);

– м. Севастополі – на 13,1 млн $м^3$ (з 93,1 до 80,0 млн $м^3$ в основному за рахунок зменшення забору морської води).

В інших областях суттєвих змін у водоспоживанні проти 2006 року не зафіксовано.

У цілому використання питної води на різні потреби у 2007 році становило 2706 млн $м^3$, а технічної – 7294 млн $м^3$. Причому 537 млн $м^3$ води питної якості було використано на виробничі потреби, з них 217 млн $м^3$ із комунальних водопроводів. Цього ж року використано 439 млн $м^3$ стічних вод, 100 млн $м^3$ колекторно-дренажних та 57 млн $м^3$ шахтно-кар'єрних вод.

Втрати при транспортуванні становили 2437 млн $м^3$ води (15% від забраної). Половина обсягів води, які втрачаються, припадає на житлово-комунальну галузь. Частка втрат у цій галузі становить 39% (порівняно з 2006 р. втрати менше на 3%, але тільки за рахунок скорочення об'єму забору води). Необхідно відзначити, що більшість води, яка втрачається у комунальній сфері, вже підготовлена до споживання.

1.4. Водовідведення в Україні

У водогосподарській практиці за ступенем забруднення стічні води поділяються на ***неочищені*** (ті, що зовсім не очищуються від забруднювальних речовин), ***недостатньо очищені*** (очищені, 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 самостійним випуском стічних вод у водні об'єкти, з них споруд біологічного очищення – близько 60%, механічного – 35%, фізико-хімічного – 5%. На них очищали 7,2 млрд. $м^3$ вод на рік, що становило 97% загальної кількості стічних вод, які вимагали очищення (7,42 млрд. $м^3$).

Крім стічних вод, водні об'єкти забруднюються поверхневим стоком з території міст, підприємств і сільгоспугідь. У табл. 1.7 наведено дані про скид стічних вод різного ступеня очищення. Як видно з таблиці, найбільші об'єми стічних вод скидають Запорізька, Дніпропетровська і Київська області.

Таблиця 1.7 – Скид стічних вод різного ступеня очищення у поверхневі водні об'єкти по областях України [2]

Область	Об'єм стічних вод, у % від загальної кількості	Скид стічних вод, у % від загальної кількості				
		неочище-них і недостат-ньо очищених	норма-тивно очищених	нормативно очищених на спорудах станцій		
				біологіч-ної	фізико-хіміч-ної	механіч-ної
1	2	3	4	5	6	7
Вінницька	4,8	0,2	93,7	6,0	-	0,1
Волинська	0,5	2,1	29,0	53,1	-	14,9
Дніпро-петровсь-ка	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
Житомир-ська	0,8	27,8	37,3	33,8	0,1	1,0
Закарпат-ська	0,4	6,3	40,8	47,6	0,1	5,2

Продовження табл. 1.7

1	2	3	4	5	6	7
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
АР Крим	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
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
Всього	100	6,6	70,5	16,2	0,7	0,6

У глибокі підземні горизонти, які надійно ізольовані, скидаються стічні води (близько 19 млн $м^3$/рік), очищення і використання яких зараз не є можливими з техніко-економічних міркувань. Відбувається також зворотне закачування підземних вод, які надходять на поверхню при видобутку нафти і газу.

Скид 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.

Якщо порівнювати об'єми скиду речовин у водні об'єкти із стічними водами по основних галузях господарства, 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 перекачувала стічні води міста на очисні споруди. За офіційними даними, 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. $м^2$ асфальтних доріг. Найбільш потерпіли річки Лопань, Харків та Уди, отруєні стічними водами двохмільйонного міста. Почалася масова загибель риби. Через два тижні загроза припинення водопостачання нависла над населенням чотирьох областей України та Росії, які перебувають 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. Одеса, а також деяких міст Молдови.

Під час березневого паводка 2001 року, що відбувся на Закарпатті в зону паводка потрапили об'єкти дев'яти підприємств водопровідно-каналізаційного господарства і на період паводка забір води цими підприємствами не виконувався. Крім того, чотири водозабори не працювали і в післяпаводковий період під час виконання аварійно-відновлювальних робіт.

Значні пошкодження були завдані каналізаційним очисним спорудам

м. Рахів, м. Тячів, м. Виноградів, м. Хуст. Внаслідок дії паводкових вод розмито дюкер каналізаційного колектора через р. Латориця в м. Мукачеве через що стічні води смт Чинадієво надходили в водний об'єкт неочищеними. Не було відновлено роботу очисних споруд смт Дубове, Тячівського району, які були виведені з ладу під час паводку в листопаді 1998 року. Така ситуація з очисними спорудами на території області призвела до того, що впродовж 2001 року, при загальному зменшенні забору води в порівнянні з 2000 роком, об'єм скиду забруднених стічних вод збільшився, в порівнянні з цим же роком на 978,7 тис. $м^3$ і становив 14750,7 тис. $м^3$. Частка об'єктів житлово-комунального господарства в скиді забруднених стічних вод становила 95,9 %, або 14147,2 тис. $м^3$.

Міста України забезпечені системами водовідведення в набагато меншому ступеню, ніж водопроводами. Близько 7 млн міського населення країни не мають можливості користуватися послугами централізованої каналізації. Якщо у великих містах системи водовідведення вже склалися і постає завдання їх розширення у разі збільшення кількості населення та обсягів водоспоживання, то в невеликих містах та селищах міського типу в багатьох випадках виникає проблема створення нових каналізаційних систем. На сьогодні централізованими системами водовідведення забезпечені 95% від загальної кількості міст, 57% селищ міського типу і тільки 3% сільських населених пунктів.

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 $км^3$/рік дніпровської води. Найбільша частка цього об'єму припадала на виробничі потреби – 13,0 $км^3$/рік (54%); для потреб зрошування – 7,4 $км^3$/рік (31%); на господарсько-побутові потреби населення – 2,7 $км^3$/рік (11%); на сільськогосподарське водопостачання – 0,9 $км^3$/рік (4%). Безповоротне водопостачання становило 12,7 $км^3$/рік (близько 50%).

У межах Житомирської, Рівненської, Сумської, Чернігівської, Київської і Полтавської областей розташовано 62% площі водозбору, на якій формується 75% місцевого стоку Дніпра, а водозабір, безповоротне водокористування і скид 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 скид 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 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. $м^3$/рік, з них без очищення – 40,8 млн $м^3$/рік, недостатньо очищених – 0,5 млрд. $м^3$/рік.

Використання в промисловості води через оборотні системи водопостачання досягло 42,0 млрд. $м^3$/рік, 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 у кількості 1,6 млрд. $м^3$/рік майже у повному об'ємі скидаються у водні об'єкти. Неефективне очищення стічних вод на біологічних спорудах має місце через їх перевантаження і недотримання у багатьох випадках умов скиду промислових стічних вод у каналізацію населених пунктів, у результаті чого очищення стічних вод біологічними методами буває просто неможливим.

У результаті відведення промислових і побутових стічних вод у трансформовану водну систему басейну Дніпра щорічно скидається близько 11,5 млрд. $м^3$ стічних вод. Понад 2 млрд. $м^3$ промислових і побутових стічних вод із загального об'єму, що надходить у водні об'єкти, належать 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.

Контрольні питання

1. Які основні показники використання вод Ви знаєте?
2. Що називається водокористуванням та водовідведенням?
3. Перелічіть основні права та обов'язки водокористувачів.
4. Що називається водними ресурсами?
5. Охарактеризуйте розподіл водних ресурсів по земній кулі.
6. Поясніть поняття «відновлювальні водні ресурси».
7. Що називається «водозабезпеченістю»?
8. Яка динаміка і структура водокористування в світі та Україні?
9. Охарактеризуйте забезпеченість водними ресурсами населення регіонів України.
10. Охарактеризуйте розподіл об'ємів скиду стічних вод у водні об'єкти України.

Розділ 2. Гідроекологічні особливості водопостачання

2.1. Джерела водопостачання

Джерела водопостачання повинні забезпечувати необхідну кількість води з урахуванням збільшення водоспоживання на перспективу, безперебійно постачати води, давати воду, яка вимагає мінімальних витрат на її очищення та подачу споживачу. Окрім того, потужність джерела має бути такою, щоб відбір води на потреби об'єкта не порушував би складну екологічну систему. Розрізняють поверхневі та підземні джерела водопостачання.

Поверхневі джерела водопостачання (річки, озера, канали, водосховища) характеризуються значними змінами якості води в окремі сезони року. Якість води річок, озер, водосховищ в значному ступеню залежить від атмосферних опадів, танення снігу, сільськогосподарської та виробничої діяльності людини в зоні водозабору.

Річкова вода має значну мутність, особливо в період весняних повеней та злив, багата на органічні домішки, містить велику кількість мікроорганізмів. Поряд із цим вміст солей і водосховищ характеризуються меншою мутністю, але можуть мати значну забарвленість внаслідок розвитку водоростей і планктону. Якість води поверхневих джерел, як правило, не відповідає вимогам держстандартів [10, 11], тому її необхідно відповідно очищати та знезаражувати. При використанні поверхневих вод слід також враховувати вимоги санітарно-епідеміологічної служи, органів рибоохорони, водного транспорту та інспекції з охорони водних ресурсів.

Підземні води за умовами залягання поділяються на ґрунтові безнапірні та напірні міжпластові (артезіанські). Природні виходи на поверхню землі ґрунтових вод утворюють так звані джерельні води. До підземних вод також належать інфільтраційні води, які є поверхневими водами, що фільтруються крізь дно і береги річок або водойм та дренуються з пласта водоприймальною спорудою.

Підземні води (ґрунтові, артезіанські, джерельні) в основному не містять нерозчинних домішок, не мають кольору, відрізняються високою прозорістю і їх досить часто можна використовувати без очищення води для господарсько-питних потреб. Порівняно з поверхневими підземні води більш мінералізовані і, як правило, мають вищий вміст заліза.

При виборі джерела водопостачання за санітарною надійністю перевага віддається використанню артезіанських, ґрунтових, підруслових вод річок, а також поверхневих вод річок, озер та водосховищ. У всіх випадках необхідно виконувати техніко-економічні розрахунки та обґрунтування.

На всіх джерелах водопостачання та водопровідних спорудах

господарсько-питного призначення для забезпечення санітарно-епідеміологічної надійності систем централізованого і місцевого водопостачання населених пунктів встановлюються зони санітарної охорони відповідно до вимог СНиП 2.04.02-84 [12].

Зона санітарної охорони поверхневих джерел водопостачання в точці забору води складається з трьох поясів. ***Перший пояс*** – зона суворого режиму. До нього входять джерело водопостачання і водопровідні споруди для забору, очищення і зберігання води. Межі першого пояса санітарної охорони річки повинні бути: вверх проти течії – не менше 200 м від водозабору; вниз за течією – не менше 100 м від водозабору. Для водосховищ (озер, водойм) межі першого поясу мають бути не менше 100 м у всіх напрямках.

Територія першого поясу зони санітарної охорони джерела водопостачання, ділянки водопровідних споруд огороджуються, упорядковуються та озеленяються. Планування цієї території має забезпечити відведення поверхневого стоку за межі зони. На території першого поясу забороняються всі види будівництва (окрім водопровідних), проживання людей, випуск стоків, купання, напування та випас худоби. Забороняється використовувати цю територію під городні ділянки, прати білизну, ловити рибу, застосовувати для рослин отрутохімікати, органічні та мінеральні добрива. Ця територія повинна охоронятися від доступу сторонніх осіб.

Другий та ***третій пояс*** санітарної охорони – зона обмеження. На цій території не допускається випускати стоки та виконувати роботи, які можуть призвести до зменшення кількості або погіршення якості води у джерелі водопостачання. Розміри другого поясу встановлюються з розрахунку, щоб добігання води до межі водозабору відбувалося не менше, ніж за 5 діб при середньомісячних витратах води 95%-ої забезпеченості. Вниз за течією води відстань повинна бути не менше 250 м. Третій пояс має такі ж самі розміри, що й другий.

Підземні джерела водопостачання також повинні мати три пояси зони санітарної охорони. Межі ***першого поясу*** зони санітарної охорони (суворого режиму) встановлюються залежно від ступеня захищеності водоносних горизонтів від забруднювальних речовин з поверхні землі та гідрогеологічних умов на визначеній відстані від водозабору: для надійно захищених горизонтів – не менше 30 м; для недостатньо захищених горизонтів – не менше 50 м.

Межі ***другого поясу*** встановлюються з розрахунку, щоб при мікробному забрудненні води, час пересування води від межі до водозабору становив не менше 100-400 діб. ***Третій пояс*** враховує хімічні забруднення джерела водопостачання. Тривалість часу пересування хімічних забруднювальних речовин повинна бути такою ж, як і тривалість експлуатації водозабору, але не менше 25 років.

При заборі інфільтраційних і підруслових вод межі зони санітарної охорони беруться такими же, як і для поверхневих джерел водопостачання.

Обмеження і заборони в зонах санітарної охорони підземних джерел водопостачання такі ж, як і в зонах санітарної охорони поверхневих джерел водопостачання [6].

2.2. Якість води та види водокористування

Під якістю води розуміються характеристики її складу і властивостей, що визначають її придатність для конкретних видів водокористування. Критерієм якості є ознаки, за якими виконується оцінка якості води.

Гранично допустима концентрація у воді водойм господарсько-питного і культурно-побутового водокористування **(ГДК$_{В}$)** – це концентрація шкідливої речовини у воді, яка не повинна прямо або опосередковано впливати на організм людини впродовж всього його життя, на здоров'я наступних поколінь і не повинна погіршувати гігієнічні умови водокористування.

Гранично допустима концентрація у воді водойми, що використовується для рибогосподарських цілей **(ГДК$_{ВР}$)** – це концентрація шкідливої речовини у воді, яка не повинна шкідливо впливати на популяції риб, в першу чергу промислових.

Гранично допустима концентрація речовини у воді встановлюється:
для ***господарсько-питного і культурно-побутового водокористування*** **(ГДК$_{В}$)** з врахуванням трьох лімітуючих ознак шкідливості (ЛОШ):

– органолептичної;
– загальносанітарної;
– санітарно-токсикологічної;

для ***рибогосподарського водокористування*** **(ГДК$_{ВР}$)** з врахуванням п'яти лімітуючих ознак шкідливості (ЛОШ):

– органолептичної;
– санітарної;
– санітарно-токсикологічної;
– токсикологічної;
– рибогосподарської.

Лімітуюча ознака шкідливості **(ЛОШ)** – показник, за яким встановлюється гігієнічний норматив шкідливої хімічної речовини у воді та який визначається за мінімальною концентрацією, що впливає безпосередньо на організм людини (санітарно-токсикологічна ознака шкідливості), органолептичні властивості води (органолептична ознака шкідливості) або процеси самоочищення водойм (загальносанітарна ознака шкідливості).

Органолептична ознака шкідливості характеризує здатність речовини змінювати органолептичні властивості води. ***Загальносанітарна*** – визначає вплив речовини на процеси природного самоочищення вод за рахунок біохімічних і хімічних реакцій за участю природної мікрофлори. ***Санітарно-токсикологічна*** ознака характеризує шкідливу дію на організм людини, а ***токсикологічна*** – показує токсичність речовини для живих організмів, що населяють водний об'єкт. ***Рибогосподарська*** ознака шкідливості визначає погіршення якості промислових риб.

Рибогосподарські **ГДК$_{ВР}$** мають задовольняти низку умов, при яких не повинні спостерігатися:

– загибель риб і кормових організмів для риб;

– поступове зникнення видів риб і кормових організмів;

– погіршення товарних якостей риби, що мешкає у водному об'єкті;

– заміна цінних видів риб на малоцінні.

Найменша з нешкідливих концентрацій по трьох (п'яти) показниках шкідливості береться за ГДК з вказівкою показника, що лімітує шкідливість.

Відомо, що на організм людини або риби впливає не кожна шкідлива речовина окремо, а їхня сукупність. Тому, якщо в природній воді є декілька речовин однієї лімітуючої ознаки шкідливості (ЛОШ), то через принцип їхньої сумісної дії (адитивності) повинна витримуватися умова

$$C_1 / \text{ГДК}_1 + C_2 / \text{ГДК}_2 + ... + C_n / \text{ГДК}_n \le 1{,}0, \qquad (2.1)$$

де C_1, C_2, C_n – концентрації шкідливих речовин, що належать до певної групи ЛОШ, мг/дм^3;

ГДК_1, ГДК_2, ГДК_n – відповідні ГДК, мг/дм^3.

Нормування якості води полягає у встановленні для води водного об'єкта сукупності допустимих значень показників її складу і властивостей, в межах яких надійно забезпечуються здоров'я населення, сприятливі умови всіх видів водокористування і екологічне благополуччя водного об'єкта.

Оскільки більшість водних об'єктів використовується комплексно, то правила охорони поверхневих вод встановлюють норми якості води водойм і водотоків для умов господарсько-питного, культурно-побутового і рибогосподарського водокористування. Речовина, що спричиняє порушення норм якості води, називається ***забруднювальною***.

Нормативи якості води для водойм встановлюються за двома категоріями водокористування.

До першої категорії належать ділянки водойм, що використовуються як джерело централізованого або децентралізованого

господарсько-питного водопостачання, а також для водопостачання підприємств харчової промисловості.

До другої категорії належать ділянки водойм, що використовуються для купання, занять спортом і відпочинку населення, а також ті, що розташовуються в межах населених пунктів. Крім того, встановлені більш жорсткі нормативи якості стічних вод, що скидаються у водойми, які використовують з рибогосподарською метою.

Залежно від цільового призначення води виділяються такі системи водопостачання: 1) господарсько-питні, які забезпечують також харчову промисловість; 2) сільськогосподарські; 3) виробничі або 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.

Види водокористування на водних об'єктах визначаються органами Міністерства охорони навколишнього природного середовища і підлягають затвердженню органами місцевого самоврядування.

До ***господарсько-питного водокористування*** належить використання водних об'єктів або їх ділянок як джерела господарсько-питного водопостачання, а також для постачання підприємств харчової промисловості.

Згідно з Санітарними правилами і нормами, питна вода, призначена для споживання людиною, повинна відповідати таким гігієнічним вимогам: бути безпечною в епідеміологічному та радіаційному відношенні, мати сприятливі органолептичні властивості та нешкідливий хімічний склад [10].

Норми якості, яким повинна відповідати питна вода, встановлені стандартом 2874-82 «Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством». Він розроблений ще в 1982 р. і з деякими обмеженнями діє в Україні до цього часу разом з Державними санітарними нормами та правилами «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10) [10, 11]. Якщо вода не відповідає вимогам, її обробляють і доводять до норми, яку встановлено. Основні вимоги до якості питної води передбачають визначення близько 40 показників.

Окремі види харчової 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 гіпсу ($CaSO_4$), 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.

До ***культурно-побутового водокористування*** належить використання водних об'єктів для купання, заняття спортом і відпочинку населення. Вимоги до якості води, встановлені для культурно-побутового водокористування, поширюються на всі ділянки водних об'єктів, що перебувають в межах населених міст, незалежно від виду їх використання для проживання, розмноження і міграції риб та інших водних організмів.

Вода, яка використовується у сільському господарстві. ***Вода для тварин*** в основному має відповідати вимогам, які ставляться до питної води, хоча до таких показників, як кольоровість, прозорість і запах вимоги можуть бути дещо зниженими. Температура води повинна, за можливості, перебувати в межах 8-15ºС, допустимий ступінь мінералізації води в цілому визначається її смаковими якостями.

Вода для зрошення має містити незначну кількість мінеральних солей, оскільки в іншому випадку виникає небезпека засолення ґрунту в результаті випаровування води та акумуляції солей, які в ній містяться. У той самий час допустимі величини мінералізації можуть змінюватися в широких межах залежно від умов поливу, дренажу, метео- і агротехнічних факторів. Вода з мінералізацією до 1 г/дм^3 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/дм^3.

Вода для охолодження виробленої продукції або працюючих агрегатів має бути такою, щоб зменшити об'єм відкладів і не спричиняти 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 прямотечійного охолодження води, в якій багато органічних речовин при температурі стінок близько 30-40ºС, виникає небезпека появи на конденсаторах парових турбін біологічних наростів, які складаються з бактерій, грибів, водоростей. У разі використання морської води можливі нарости черепашок мідій, мшанок та інших організмів. За оборотної системи водопостачання небезпека відкладів значно зростає, оскільки при нагріванні води, розбризкуванні її в 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 цілої низки факторів: температури води і охолоджуваної поверхні, карбонатної твердості, вмісту вільної вуглекислоти, завислих речовин, заліза, мікроорганізмів, системи водопостачання. Тому необхідна якість води для охолодження встановлюються 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 парою 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 спричиняє 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 розкладання бікарбонатів, а також збільшення концентрації інших розчинених у воді солей, що пов'язано з безперервним випаровуванням. А це, в свою чергу, призводить до осідання солей з розчину і відкладання 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 котельне каміння, яке особливо легко відкладається на найбільш нагрітих поверхнях.

Вода, яка використовується з іншою технологічною метою, 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 необхідно лише звільнити води від грубих завислих речовин; 2) воду, яка контактує з продукцією; 3) воду, яка входить до складу продукції. В останніх двох випадках вимоги до води є специфічними і зумовлені не тільки окремими видами виробництва, але й прийнятою технологічною схемою. У низці 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

витрачається на приготування мила, барвників, розчинників.

Вода, яка використовується для заводнення нафтових шарів, не повинна знижувати приємистість свердловини – властивість свердловини поглинати воду, що відбувається, коли у воді містяться: речовини, які призводять до замулювання фільтрів свердловини, та хімічні компоненти, які взаємодіють з породою, утворюючи сполуки, що сприяють зменшенню поруватості продуктивного шару [2, 3].

2.3. Водозабірні споруди для водопостачання

Система водопостачання – це комплекс взаємопов'язаних споруд, призначених для забору води з джерел, очищення її та зберігання запасів і транспортування до місця споживання. Існуючі системи водопостачання можуть бути класифіковані наступним чином:

– за типом об'єктів обслуговування – міська, селищна, промислова, сільськогосподарська;

– за призначенням – господарська (призначена для задоволення питних і господарсько-побутових потреб), промислова (для постачання води промисловим підприємствам), протипожежна (подавання води для гасіння пожеж), об'єднана (призначена для одночасного задоволення різних потреб, наприклад господарсько-протипожежна система);

– за характером використання природних джерел – водопроводи, які одержують воду з поверхневих джерел (річки, водосховища, озера та ін.), і водопроводи, які використовують підземну воду;

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

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

– за кратністю використання води – прямотечійні системи, з обігом води та з послідовним використанням її на різних установках.

Для забору води з поверхневих джерел застосовуються в основному руслові або берегові водозбірні споруди, які відрізняються розташуванням місць прийому води відносно берега. На річках невеликої глибини з похилими берегами влаштовуються ***руслові водозабори***, які складаються з водоприймача (оголовок), самопливних або сифонних трубопроводів, берегового колодязя. На відміну від руслових ***береговий водозабір*** не має самопливних трубопроводів і повністю розташовується на березі. Такі водозабори споруджуються на річках, де досить крутий берег і достатня глибина води.

Принципову схему водопостачання міста з поверхневих джерел зображено на рис. 2.1.

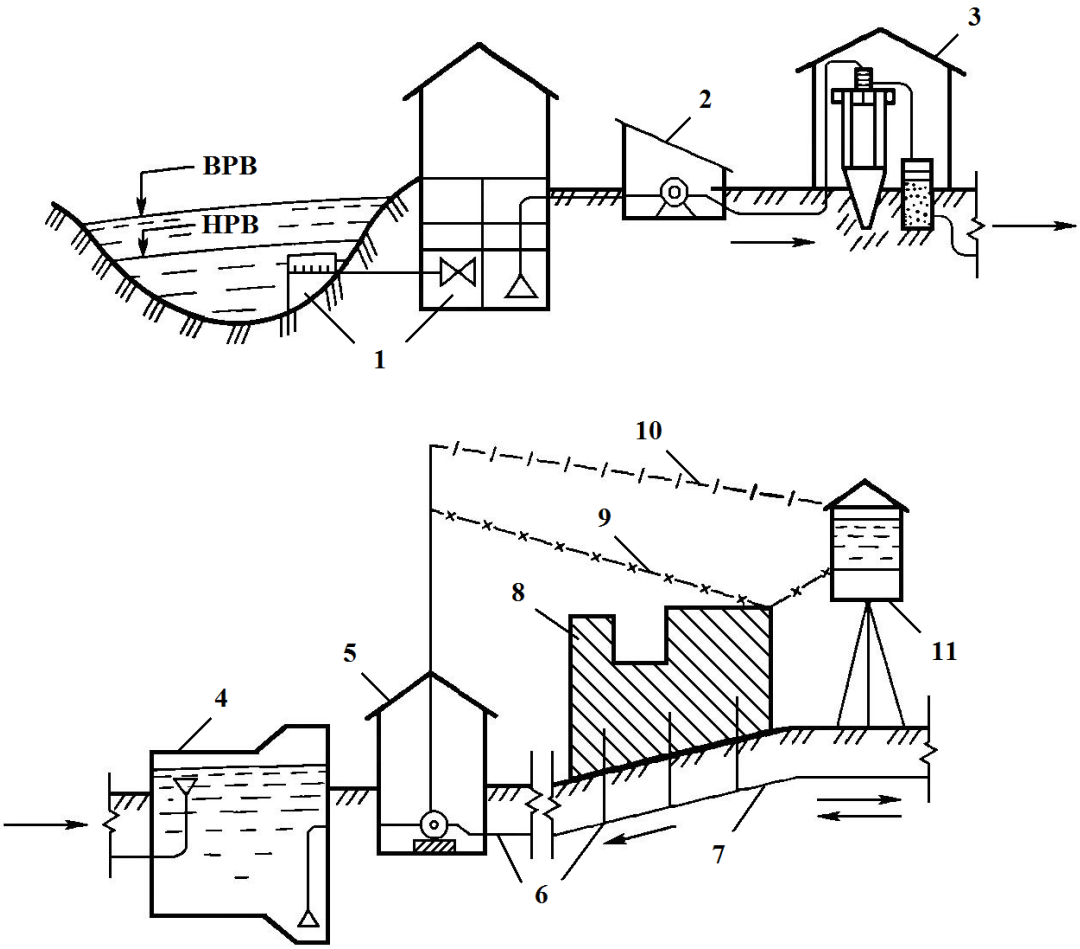

Рис. 2.1 – Схема водопостачання з поверхневого джерела [3, 6]

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

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

Послідовність окремих споруд системи водопостачання і їхній склад

залежать від призначення, місцевих природних умов, вимог споживача та економічних міркувань. Так, водонапірна вежа може знаходитися у різних точках території об'єкта залежно від його планування і рельєфу місцевості. Якщо резервуари чистої води розташовані на достатньо високих позначках місцевості, то очищена вода може передаватися споживачеві самопливними водогонами, тобто відпадає потреба у насосній станції другого підйому.

У разі використання підземних артезіанських вод, які не потребують кондиціювання, система водопостачання спрощується за рахунок виключення із її складу очисних споруд.

З метою організації водопостачання підземних джерел використовуються шахтні й трубчасті колодязі і свердловини. Схему споруд водогону з підземних джерел зображено на рис. 2.2.

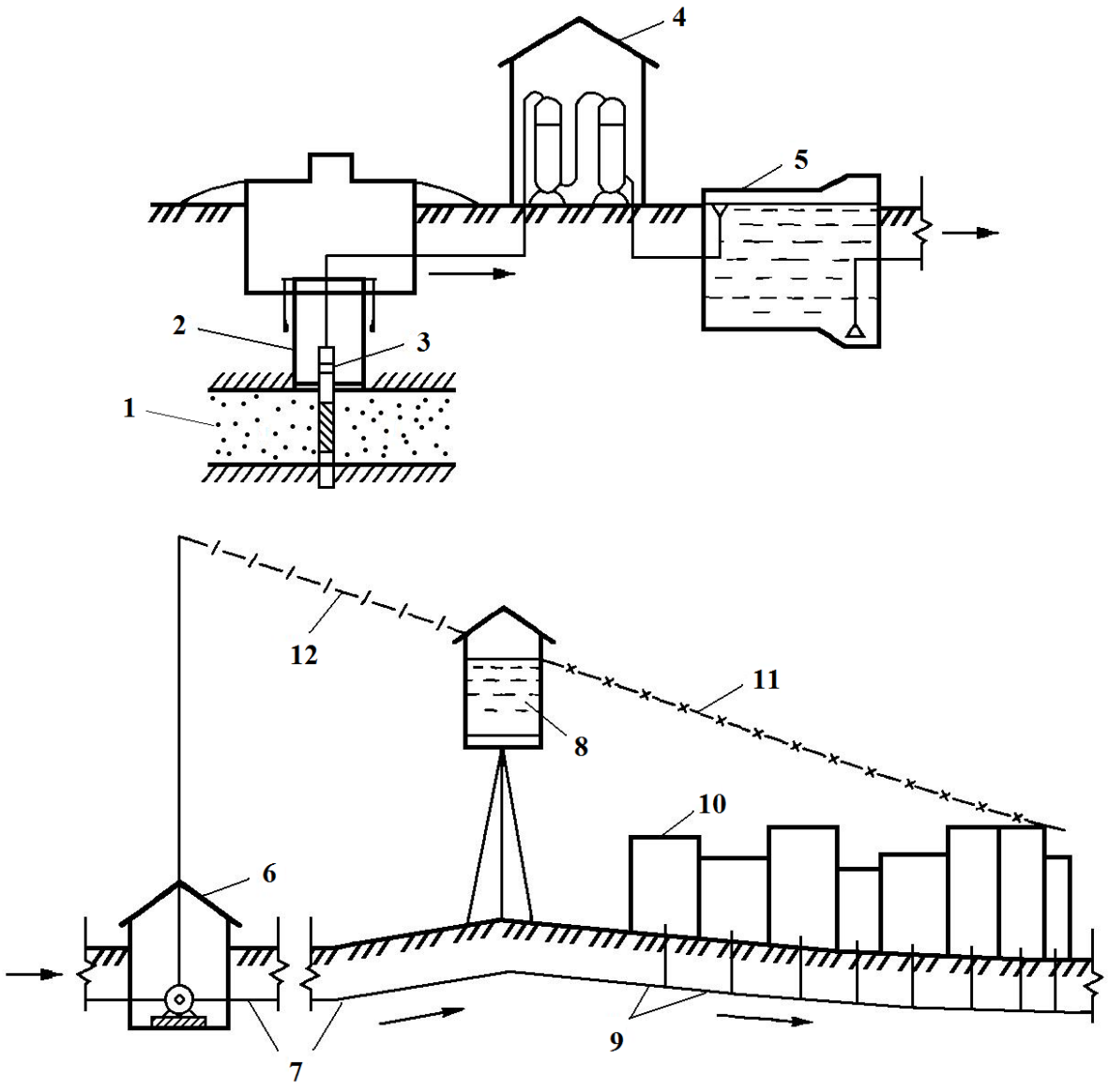

Рис. 2.2 – Схема водопостачання з підземного джерела [3, 6]

Умовні позначення: 1 – експлуатаційний водоносний горизонт; 2 – водозабірна свердловина; 3 – глибинна електропомпа; 4 – водоочисна станція; 5 – резервуар чистої води; 6 – насосна станція другого підйому; 7 – водогони; 8 – водонапірна вежа; 9 – водопровідна мережа; 10 – об'єкт водопостачання; 11 – п'єзометрична лінія за умови максимального водоспоживання з мережі; 12 – п'єзометрична лінія подавання води.

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

Після закінчення буріння та облаштування свердловини виконується будівельне відкачування води. Тривалість відкачування залежить від місцевих гідрогеологічних умов і коливається від кількох діб до одного місяця й більше. Устя свердловини з подальшими елементами системи сполучаються за допомогою оголовка свердловини. На оголовку монтується пристрій з водоміром для відбирання проб води. Устя свердловини та оголовок з метою запобігання замерзанню взимку має розташовуватися в надземному павільйоні, підземній шахті або приміщенні насосної станції.

Після буріння та облаштування свердловини в шахті встановлюється певний рівень води, який за відсутності водозабору називається ***статичним***. За постійного відбирання води зі свердловини статичний рівень знижується і через деякий час встановлюється на певному рівні, який називається ***динамічним***. Останній залежить від інтенсивності водозабору. Після припинення відкачування вода в свердловині знову підіймається до статичного рівня. Кількість води, яку дає свердловина за одну годину, у разі зниження динамічного рівня на 1 м, називається ***питомим дебітом свердловини***, причому він не залежить від потужності насоса, а характеризує водомісткість пласта. Відповідність водомісткості пласта необхідній витраті води зі свердловини має велике гігієнічне значення. Якщо ця відповідність порушується і води відкачується більше, ніж може дати пласт, то створюються умови для підживлення води з розташованих вище водоносних горизонтів. Це значною мірою зменшує санітарну надійність водопроводу. Орієнтовним показником відповідності водомісткості пласта потужності насоса, встановленого в свердловині, є різниця між динамічним і статичним рівнями, що не перевищує 10 м.

Введення в експлуатацію нових обладнаних свердловин або інших

водозаборів дозволяється лише із санкції місцевих органів державної санітарно-епідеміологічного нагляду за умови одержання задовільних результатів аналізу води.

2.4. Водопровідні мережі

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 ***внутрішні водопровідні мережі***, які підводять воду до водорозбірних кранів. На відміну від них основна водопровідна мережа, яка прокладається поза межами споруд, називається ***зовнішньою***. Вона – основна частина водопроводу, вартість якої становить 50-70% загальної вартості всього водопроводу. ***Зовнішня водопровідна мережа*** – це комплекс споруд, до складу якої входять: насосні станції другого підйому, підкачування і регулювання; водогони і водопровідні мережі на території об'єкта; регулюючі та запасні місткості.

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

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

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

Для обладнання водопровідної мережі застосовуються 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 стальні 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). Максимальна глибина закладання труб зумовлена 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 або цегляних колодязях, які перекриваються металевими люками, що за необхідності знімаються.

За технічними умовами тиск води у водопровідній мережі населених пунктів не повинен перевищувати 6 атмосфер. Для подавання води в окремі багатоповерхові споруди додатково влаштовуються місцеві насосні станції. Водопровідні мережі мають забезпечувати надійне і безперебійне постачання водою користувачів. Відповідно до плану водопровідні мережі бувають ***тупикові*** (розгалужені), ***кільцеві*** і ***комбіновані***. Тупикова мережа (рис. 2.3) коротша за кільцеву, але вона не гарантує безперебійного подавання води споживачам, оскільки у разі аварії на одній ділянці магістралі всі подальші ділянки з відгалуженнями не будуть забезпечуватися водою. Кільцева (рис. 2.4) й комбінована мережі надійніші в експлуатації, оскільки у разі аварії на одній із ліній споживачі будуть забезпечуватися водою з іншої лінії.

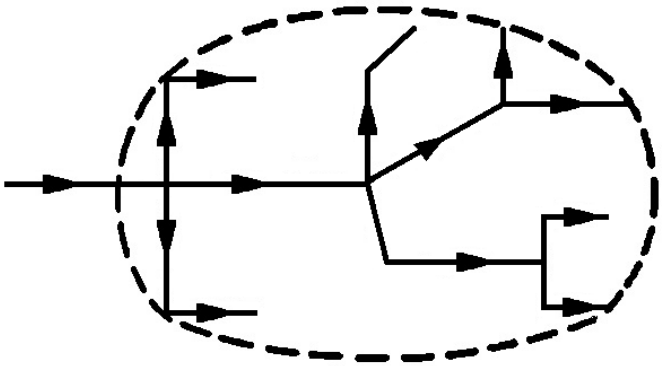

Рис. 2.3 – Схема розгалуженої (тупикової) водопровідної мережі [2]

Водопровідні мережі, як правило, проектуються кільцевими. Тупикові лінії водопроводів застосовуються для подавання води на господарсько-питні потреби за умови діаметра труб не більше ніж 100 мм та подавання води на протипожежні потреби за довжини ліній не більше

ніж 200 м, коли прийнято запобіжні заходи щодо замерзання цих ліній. Розгалужені мережі зазвичай експлуатуються у невеликих селищах за умови діаметра труб до 100 мм. У разі потенційної аварії і деякої перерви у водопостачанні вода завжди надходить до водоспоживачів.

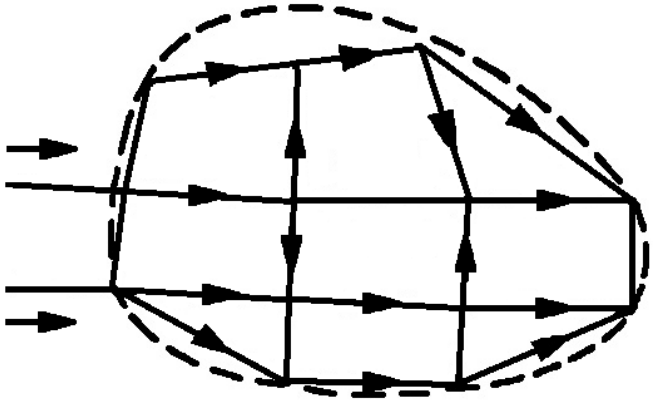

Рис. 2.4 – Схема кільцевої водопровідної мережі [2]

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

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

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

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

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

Об’єднані господарсько-питні та виробничі водопроводи населених

пунктів із кількості мешканців понад 50 тис. чоловік належать до першої категорії, від 5 до 50 тис. чоловік – до другої, менш як 5 тис. чоловік – до третьої категорії.

Для регулювання тиску і витрати води у водопровідній мережі, створення її запасу і вирівнювання графіка роботи насосних станцій будуються водонапірні вежі і резервуари. ***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; місткість 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 призначені для зберігання пожежного і аварійного запасу води. У сучасних системах водопостачання найбільш поширеними є резервуари із залізобетону.

Універсальний спосіб забезпечення необхідної надійності систем водопостачання – їх резервування за рахунок використання в системі надлишкових елементів. Зокрема, надійність транспортування й розподілу води забезпечуються дублюванням ліній водогонів і магістральних мереж, ліній електропостачання, встановленням резервних насосів та аварійних місткостей. Надійність роботи водопровідної мережі забезпечується також її кільцюванням. За головним напрямом руху води прокладаються кілька взаємопов’язаних магістралей приблизно одного діаметра, які сполучаються перемичками. Це дає змогу перерозподілити подавання води у разі вимикання окремих ліній на випадок ремонту.

2.5. Системи водопостачання міст

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

Одним з основних показників надійності роботи системи водопостачання є безвідмовне тривале функціонування. Під відмовою системи водопостачання розуміють неприпустиме зниження якості її роботи внаслідок будь-якого явища і відмова джерела водопостачання (обмерзання, льодові затори, зниження рівня нижче допустимого); перерва

у подаванні електроенергії до насосної станції; пошкодження насосів; порушення нормальної роботи водоочисних споруд; аварії на водогонах або магістральних мережах тощо. Підвищення надійності водопроводу досягається структурним резервуванням окремих елементів системи.

Водоспоживання для громадсько-питних, комунальних та виробничих потреб постійно зростає. В перспективі очікується, що водоспоживання для господарсько-питних і комунальних потреб досягне 400-500 л/д для однієї людини. Водоспоживання в різних містах є неоднаковим і залежить від категорії міста (чисельності населення), наявності й розвитку промисловості, ступеня благоустрою міста, кліматичних умов, культури населення та інших чинників.

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

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

На території міста є водопровідні мережі різного призначення: господарсько-питні, протипожежні, поливальні, промислові. Як правило, господарсько-питні, протипожежні, поливальні й промислові мережі поєднують в одну систему, хоча можливе і їх розділення, наприклад, застосування поливальної мережі неглибокого закладання. В посушливих і напівпосушливих районах зрошувальні водопроводи утворюють самостійну систему, оскільки для поливу зелених насаджень необхідна велика кількість води. Об'єднані або роздільні водопровідні мережі обираються на підставі техніко-економічного аналізу залежно від потреб міста, наявності водних джерел, якості води в них, кліматичних умов та інших чинників. Кількість ліній водоводів приймається з урахуванням категорії надійності подавання води системою водопостачання і черговості будівництва [3].

2.6. Системи водопостачання промислових підприємств

Промислові підприємства є практично в кожному населеному пункті. Це можуть бути невеличкі заводи місцевої промисловості (цегельні, залізобетонних конструкцій тощо), переробки сільськогосподарської

продукції або заводи-велетні (металургійні, хімічної промисловості тощо). Вони можуть працювати в одну, у дві або три зміни. Воду найчастіше витрачають впродовж робочої зміни. Деякі з підприємств не працюють в окремі період року. Потреби підприємств у воді складаються з технологічних і господарсько-питних. Режим споживання води на технологічні потреби залежить від устаткування, технології виробництва та інших факторів і встановлюється технологами.

Промислові підприємства витрачають велику кількість води, а деякі підприємства вимагають навіть безперервної подачі води. Із збільшенням потужності підприємств, використанням складних технологічних процесів потреби у воді збільшуються. Витрати води, які споживає промисловість, у десятки разів перевищують кількість води, що споживає населення. Наприклад, кількість води, що використовується тільки на охолодження металургійними підприємствами, становить більше 5 млрд. $м^3$ на рік, що у два рази перевищує водоспоживання населення.

На підприємствах залежно від прийнятих технологій, виготовлюваної продукції, потужності, займаних площ може існувати декілька систем водопостачання. В цілому системи водопостачання промислових підприємств можна поділити на такі [7]:

– господарсько-питні;
– протипожежні;
– виробничі.

Господарсько-питна система подає воду для питних та інших потреб робітників і службовців впродовж зміни, а також для прийняття душів впродовж 45 хв після закінчення зміни. Залежно від виду виробництва (холодні або гарячі цехи) в розрахунках встановлюються графіки витрачання води впродовж зміни. Вода забирається питними фонтанчиками, раковинами, мийками, різними санітарними приладами. Для розрахунків вважається, що вода споживається усіма працюючими, а душами користується деяка частина їх. Кількість працюючих, які приймають душ, встановлюється залежно від типу виробництва. Якість води повинна відповідати вимогам, що встановлюються Державними санітарними правилами і нормами «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10) [10].

Протипожежна система має подавати воду тільки під час пожежі із зовнішньої та внутрішньої мереж. Витрати води на пожежогасіння можуть бути великими, але це спостерігається дуже рідко. Використовувати можна воду як питної, так і іншої якості.

Виробнича система забезпечує водою тільки виробничі процеси. При цьому залежно від типу виробництва на підприємстві можуть бути споживачі з різними вимогами до якості води.

Для підприємств, які є великими споживачами неочищеної води, зазвичай будується самостійний виробничий водопровід. Великі

підприємства, які розташовані за межами населеного пункту, мають роздільні системи господарсько-питного та виробничого водопроводів. Протипожежний водопровід здебільшого об'єднують з господарсько-питним. Невеликі підприємства здебільшого підключаються до водопроводу населеного пункту. У разі потреби в якісній воді (кращій ніж питна) для будь-якого цеху або приладу можна встановити локальні установки поліпшення якості води.

Кількість і якість води для виробничих потреб залежать від характеру виробництва, схеми технологічних процесів, використовуваного обладнання, можливих джерел водопостачання. Зазвичай, ці параметри задають технологи і вони можуть коливатися в дуже широких межах. Різноманітні вимоги до якості води потребують навіть різних виробничих систем. Вимоги до якості води дуже часто визначають можливі схеми водопостачання. В деяких випадках якість води може визначати питоме водоспоживання. Так, при охолодженні мартенівських печей на Донбасі жорсткою водою на одну піч використовується 250-500 $м^3$/год, а на Уралі при більш якісній воді – всього 150-300 $м^3$/год.

Вода у промисловості витрачається з різноманітною метою. У цілому водоспоживання у виробництві можна класифікувати так: охолодження, промивання, пароутворення, гідротранспорт, у складі продукції. Залежно від ролі, що виконує вода у системах виробничого водопостачання, її можна поділити на чотири категорії:

– ***Вода I категорії*** використовується для охолодження обладнання і продукту в теплообмінних апаратах (без контакту з продуктом). Вода тільки нагрівається і практично не забруднюється.

– ***Вода II категорії*** використовується як середовище, що поглинає та транспортує домішки, без нагрівання (збагачення корисних копалин, гідротранспортування). Вода забруднюється механічними та розчинними домішками, але не нагрівається.

– ***Вода III категорії*** використовується також як середовище, що поглинає та транспортує механічні та розчинні домішки, з нагріванням (уловлювання та очищення газів, гасіння коксу та інше).

– ***Вода IV категорії*** використовується в якості розчинника реагентів, наприклад, при флотаційному збагаченні копалин тощо.

Вода на охолодження використовується для конденсації пари, охолодження пічок, машин, агрегатів. Зазвичай, питома вага цих втрат значно перевищує інші витрати води і безперервно зростає. Так, в чорній і кольоровій металургії, в нафтопереробній промисловості на водяне охолодження використовується 95% води і тільки 5% на допоміжні потреби, в хімічній та коксохімічній відповідно 90% і 10%.

Промивання водою сировини або продукції здійснюється, наприклад, на таких підприємствах, як шкіряні, консервні, овочесушильні, цукрові тощо. Водою змивається різне сміття, жир, мул. Вода

використовується для промивки, замочування та зволоження у целюлозно-паперовій, текстильній та вовнопереробній промисловостях.

Пара, яка одержується на різноманітному за потужністю та конструкцією паросиловому обладнанні, використовується практично на всіх підприємствах для обігріву приміщень, підігріву різних матеріалів, прогріву продукції – залізобетонних плит на заводі будівельної індустрії тощо.

Гідротранспорт передбачає транспортування потоком води лотками або жолобами шлаку, золи, сировини тощо. Його можна використовувати, наприклад, на теплосилових станціях для транспортування шлаку і золи, в доменному виробництві для транспортування шлаку, на збагачувальних фабриках для транспортування різних відходів, на цукрових заводах для транспортування цукрових буряків тощо.

Вода у складі продукції – прикладом можуть бути харчова промисловість, будівельна індустрія. Це стосується виготовлення консервів і продукції на овочесушильних виробництвах, молочних заводах, виготовлення цегли на цегляних заводах тощо.

Наприклад, на теплових електростанціях 85% загальної витрати води використовується на охолодження, 12% – на транспортування золи (на станціях, де вугілля використовується як пальне), 3% – на приготування пари. В цілому, по всіх видах промисловості 70-75% води витрачається на охолодження механізмів та апаратів різних технологічних процесів [7].

Для більшості промислових підприємств вимоги до якості води значно менш жорсткі, ніж до складу вод, які підлягають скиду у водні об’єкти або міську систему водовідведення. Тому виробничі стічні води значно вигідніше повторно використовувати у системах оборотного та послідовного водопостачання, ніж піддавати їх очищенню, що задовольняє вимогам скиду.

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

Прямотечійні системи (рис. 2.5, а) є найпростішими. Вода за допомогою насосної станції забирається з водного об’єкта і подається до об’єктів виробництва. Після цього каналізаційними шляхами вона надходить на очисні споруди. Після очищення відпрацьовані води можуть скидатися назад у водотік або водойму на певній відстані від водозабору. Такі системи водопостачання зазвичай бувають у достатньо забезпечених водою районах.

Водний баланс має вигляд

$$W_n = W_{вв} + W_{ос} + W_{скид}, \qquad (2.2)$$

де W_n – кількість води, що подається на виробничий процес, м^3;

$W_{вв}$ – виробничі витрати води, м^3;

$W_{ос}$ – кількість води, що втрачається з осадом на водоочисній станції, м^3;

$W_{скид}$ – кількість води, яку скидають у водойму, м^3.

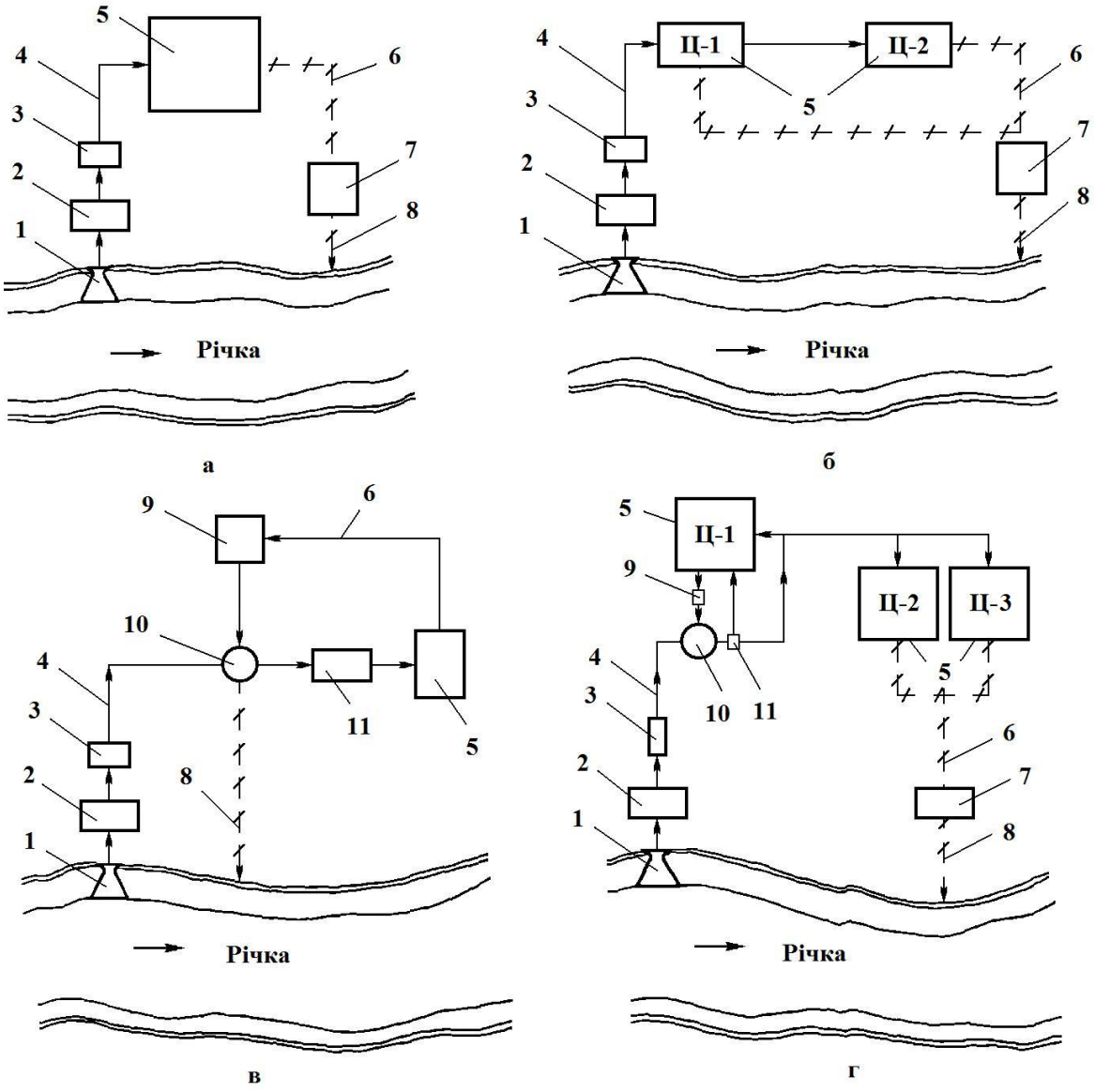

Рис. 2.5 – Схеми промислового водопостачання [3]

Умовні позначення: а – прямотечійна; б – прямотечійна з послідовним використанням; в – оборотна; г – комбінована; 1 – водозабір з насосною станцією першого підйому (НС-1); 2 – водоочисні споруди; 3 – насосна станція другого підйому (НС-2); 4 – подавання річкової води; 5 – промислові об’єкти; 6 – скид відпрацьованої води; 7 – станція

очищення стічних вод; 8 – скид води в річку; 9 – водоохолоджувальне устаткування; 10 – збірна камера; 11 – насосна станція зворотної води.

Ця схема поширена донині. Вона досить проста і дешева, але не надійна в гідроекологічному відношенні, оскільки скидна вода забруднює водойми.

Системи водопостачання з ***послідовним використанням*** (рис. 2.5, б) води, передбачають повторне її використання на цьому самому підприємстві. Після завершення технологічного процесу в одному цеху відпрацьована вода надходить до іншого, де також забезпечує випуск промислової продукції. При цьому якість води після забруднення першим виробничим процесом має задовольняти потребам другого виробничого процесу. Інколи вода використовується багаторазово, після чого у забрудненому стані надходить на очисні споруди. Ця схема більш прогресивна, ніж перша, оскільки дозволяє зекономити приблизно у два рази кількість свіжої води, яка забирається підприємствами з водних об'єктів. Однак і ця система не скорочує кількість забруднювальних речовин, що скидаються у водні об'єкти.

Системи ***оборотного водопостачання*** (рис. 2.5, в) впроваджуються за необхідності забезпечити потреби великих промислових підприємств з великою водомісткістю, особливо в умовах обмежених водних ресурсів і можливостях їх забруднення. За таких систем відпрацьовані води у водотоки і водойми не скидаються, а використовуються знову для потреб виробництва. Відпрацьована вода за необхідності пропускається крізь охолоджувальні споруди та пристрої і знову спрямовується у виробничий цикл. Інколи частина відпрацьованих вод може бути забрудненою, тому для повторного використання їх необхідно спочатку очистити. В зв'язку з тим, що деяка кількість води витрачається необоротно, її запаси необхідно періодично поповнювати з водного об'єкта. Величина необоротних втрат становить близько 2-5%.

Для того щоб забезпечити певний сольовий склад, із системи постійно скидається частина води ($W_{скид}$) та додається певна кількість свіжої (підживлюється), тобто здійснюється продувка системи

$$W_{дод} = W_{скид} + W_{вв} + W_{вип} + W_{вин}, \qquad (2.3)$$

де $W_{вип}$ – кількість води, що випаровується, м^3;

$W_{вин}$ – кількість води, що виноситься вітром, м^3.

Комбіновану систему водопостачання, коли на одному підприємстві частина оборотної води використовується у виробництві Ц-1, а більша частина – у виробництвах Ц-2 і Ц-3, зображено на рис. 2.5, г. Відпрацьовані води з останніх виробництв надходять на станцію очищення

стічних вод, після чого скидаються у річку.

У південних регіонах України велике практичне значення мають групові та районні водопроводи, коли одна система водопостачання обслуговує кілька об'єктів різного призначення (міста, промислові підприємства, об'єкти сільського господарства тощо). Така система має значні економічні переваги тому, що експлуатаційні витрати об'єднаного водопроводу нижчі, ніж аналогічні витрати на локальні системи для кожного об'єкта.

Контрольні питання

1. Які види джерел водопостачання існують?
2. Охарактеризуйте структуру захисту поверхневих та підземних джерел водопостачання.
3. Поняття якості води, гранично-допустимої концентрації.
4. Яка речовина називається забруднювальною?
5. Види водокористування та якість води.
6. Система водопостачання та її класифікації.
7. Схеми водопостачання з поверхневих та підземних джерел.
8. Водопровідна мережа та її класифікація.
9. Які категорії водопроводів існують?
10. Призначення водопровідних мереж на території міста.
11. Класифікація видів водоспоживання у виробництві.
12. Схеми промислового водопостачання.

Розділ 3. Норми та режим водопостачання

3.1. Питоме водоспоживання

При проектуванні систем водопостачання необхідно знати кількість води, яка має бути подана водопроводом, види і кількість водоспоживачів з урахуванням перспективного плану розвитку об'єкта, розрахункові норми споживання води кожним видом споживача та режим споживання води впродовж доби.

Норма водоспоживання – це кількість води, що витрачається на певні потреби за одиницю часу або на одиницю продукції, що виробляється. В населених пунктах норми господарсько-питного водоспоживання призначаються на підставі вивчення фактичного об'єму та режиму водоспоживання в аналогічних умовах або, якщо це неможливо, то за СНиП 2.04.02-84 [12].

Середньодобові норми господарсько-питного водоспоживання в населених пунктах на одного мешканця (за рік) при забудові будинками, обладнаними внутрішнім водопроводом та каналізацією, такі: без ванн – 125-160 л/д; з ваннами і місцевими водонагрівачами – 160-230 л/д; з централізованим гарячим водопостачанням – 230-350 л/д. В населених пунктах, де водокористування здійснюється за допомогою водорозбірних колонок, питомі витрати дорівнюють 30-50 л/д [2]. Потреби місцевої промисловості та непередбачені витрати враховуються збільшенням питомих витрат води на 5-10%.

Питомі витрати води на промислові потреби підприємств залежать від типу продукції, що випускається, прийнятої технології, встановленого обладнання. Ці дані визначаються за технологічними паспортами підприємств. Для орієнтовних підрахунків витрат води на підприємствах користуються нормами споживання води на одиницю продукції. Так, наприклад, на молочних заводах на переробку 1 т молока необхідно 7,5-12 $м^3$ води, на хлібозаводах – 1,8-4,8 $м^3$ води на 1 т хліба, на м'ясокомбінатах – 10-40 $м^3$ води на 1 т продукції, на цукрозаводах – 18-25 $м^3$ води на 1 т цукру, на цегельних заводах – 1,3-1,8 $м^3$ води на 1 тис. штук цеглин. Крім виробничих на промислових підприємствах, необхідно враховувати витрати води на господарсько-питні потреби та побутові витрати води. Господарсько-питні потреби води визначаються за нормою: 45 л за зміну на одну людину в цехах з тепловиділенням більше 23,2 $Вт/м^3$; 25 л – в інших цехах. Витрати враховуються наприкінці робочої зміни з розрахунку 500 л/год на одну душову сітку впродовж 45 хв [2].

Питомі витрати води на полив залежать від природних та місцевих умов і становлять: для механізованого миття проїздів та майданів з поліпшеним покриттям – 1,2-1,5 $л/м^2$ на один полив; механізованого

поливу перелічених проїздів та майданів – 0,3-0,4 л/м^2 на один полив; полив зі шлангів проїздів – 0,4-0,5 л/м^2; полив газонів, квітників – 4-6 л/м^2 на один полив; полив зелених насаджень і присадибних ділянок – 3-4 л/м^2 на добу.

Крім регулярного забезпечення господарсько-питних і виробничих потреб система водопостачання у разі необхідності повинна подавати воду на гасіння пожеж. Витрати води на гасіння пожеж необхідні тільки при їх виникненні, і тому враховуються лише під час перевірочних розрахунків водопровідної мережі та при визначенні об'єму запасних ємностей (водонапірної вежі, протипожежних резервуарів).

Витрати води на зовнішнє гасіння пожежі в населених пунктах та розрахункова кількість пожеж наведені у табл. 3.1 та табл. 3.2.

Таблиця 3.1 – Витрати води на зовнішнє гасіння пожеж у населених пунктах [12]

№ п/п	Кількість мешканців у населеному пункті N, тис. чол.	Розрахункова кількість одночасних пожеж n	Витрати води на зовнішнє гасіння пожеж $q_{пож}$, л/с при забудові будинками	
			до двох поверхів	три поверхи і більше
1	< 1	1	5	10
2	1-5	1	10	10
3	5-10	1	10	15
4	10-25	2	10	15
5	25-50	2	20	25
6	50-100	2	25	35
7	100-1000	3	-	40-100

До розрахункової кількості одночасних пожеж включені пожежі на промислових підприємствах, які розташовані в межах населених пунктів. Додатково до витрат води на зовнішнє гасіння пожеж слід враховувати витрати води на внутрішнє гасіння пожежі в житлових, громадських та виробничих будинках, які обладнані внутрішніми пожежними системи. Перелік таких будинків і нормативні витрати води на внутрішнє гасіння пожеж наведені в СНиП 2.04.01-85 [13] та СНиП 2.04.02-84 [12].

Розрахункова тривалість гасіння пожежі дорівнює 3 год. Подача розрахункових витрат води на гасіння пожеж повинна бути забезпечена при найбільших погодинних витратах води на інші потреби. При цьому витрати води на полив, душові, миття підлоги і технологічного обладнання підприємств не враховуються.

Таблиця 3.2 – Витрати води на зовнішнє гасіння пожеж промислових будівель [12]

№ п/п	Ступінь вогне-стійкості	Категорія приміщень за пожежною небезпекою	Витрати води на зовнішнє пожежогасіння промислових будівель з ліхтарями, а також без ліхтарів (до 60 м на одну пожежу $q_{пож}$, л/с), при об'ємах будівель, тис. м^3						
			< 3	> 3 < 5	> 5 < 20	> 20 < 50	> 50 < 200	> 200 < 400	> 400 < 600
1	I і II	Г, Д	10	10	10	10	15	20	25
2	I і II	А, Б, В	10	10	15	20	30	35	40
3	III	Г, Д	10	10	15	25	35	-	-
4	III	В	10	15	20	30	40	-	-
5	IV і V	Г, Д	10	15	20	30	-	-	-
6	IV і V	В	15	20	25	40	-	-	-

3.2. Витрати води на господарсько-питні потреби міського населення

Режим господарсько-питного водоспоживання впродовж доби, місяця, року в населених пунктах не буває рівномірним і залежить від багатьох чинників (режиму життя і трудової діяльності людини, пори року, місцевих умов тощо). Зазвичай припускається, що впродовж року, коливання водоспоживання відбувається за літнім і зимовим графіками. В розрахунках ці коливання оцінюються коефіцієнтом добової нерівномірності: найбільшим $K_{доб.\max}$ =1,3; найменшим – $K_{доб.\min}$ =0,7.

Впродовж доби погодинні витрати мають значне коливання, яке враховується коефіцієнтом погодинної нерівномірності [6, 12]

найбільшим $K_{год.\max} = \alpha_{\max} \cdot \beta_{\max}$; (3.1)

найменшим $K_{год.\min} = \alpha_{\min} \cdot \beta_{\min}$, (3.2)

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

β – коефіцієнт, який враховує чисельність мешканців у населеному пункті (табл. 3.3).

В залежності від значення $K_{год.\max}$ приймається типовий графік розподілу добових витрат за годинами доби [6].

Таблиця 3.3 – Значення коефіцієнта β [12]

Коефіцієнт	Чисельність мешканців N, тис. чол.										
	<0,1	0,2	0,5	1	4	10	20	50	100	300	1000>
$\beta_{\max}$	4,5	3,5	2,5	2	1,5	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1
$\beta_{\min}$	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,85	1

Впродовж години в розрахунках передбачається рівномірне водоспоживання. Година, на яку припадає найбільше значення погодинної витрати води всього населеного пункту, є годиною найбільшого водоспоживання, а витрати води кожного споживача за цю годину беруться як розрахункові.

При визначенні витрат води на господарсько-питні потреби населення міст необхідно встановити його кількість за відношенням

$$N = F \cdot P, \tag{3.3}$$

де N – чисельність населення, чол.;

F – площа частини міста, га;

P – густота населення, чол./га.

Площа тієї або іншої частини міста визначається після ретельного вивчення характеру планування міст.

Максимальна добова витрата води населенням міст визначається за формулою [6, 12]

$$Q_{доб.\max} = \frac{q_{доб.\max} \cdot N}{10^3}, \tag{3.4}$$

де $Q_{доб.\max}$ – найбільша добова витрата води населенням на господарсько-питні потреби, м^3/д;

$q_{доб.\max}$ – норма добового водоспоживання, л/д на 1 людину (табл. 3.4);

N – розрахункова чисельність мешканців, чол.

Середня погодинна витрата води визначається за формулою

$$Q_{год.\text{mid}} = \frac{Q_{доб.\max}}{24}, \tag{3.5}$$

де $Q_{год.\text{mid}}$ – середня погодинна витрата води населенням на господарсько-питні потреби, м^3/год.

Таблиця 3.4 – Питоме середньодобове (за рік) водоспоживання на господарсько-питні потреби населення [12]

№ п/п	Ступінь благоустрою районів житлової забудови	Питоме середньодобове господарсько-питне водоспоживання в населених пунктах на одного мешканця (за рік) q, л/д
1	Забудова будинками, обладнаними внутрішнім водопроводом і каналізацією: без ванн	125-160
2	з ваннами і місцевими водонагрівачами	160-230
3	з централізованим гарячим водопостачанням	230-350

Примітка: Найбільше значення належить до південних районів, найменше – до північних.

Максимальна погодинна витрата води визначається за формулою

$$Q_{год.\max} = \frac{0{,}0417 \cdot N \cdot q_{доб.\max} \cdot K_{год.\max}}{10^3}, \qquad (3.6)$$

де $Q_{год.\max}$ – найбільша погодинна витрата води населенням на господарсько-питні потреби, м^3/год;

$K_{год.\max}$ – коефіцієнт погодинної нерівномірності, що визначається за формулою (3.1).

Максимальна секундна витрата води

$$Q_{с.\max} = \frac{Q_{год.\max}}{3{,}6}, \qquad (3.7)$$

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

3.3. Витрати води на комунальні потреби міст

– ***Визначення витрат води на полив вулиць і майданів***.

Максимальна добова витрата води на полив вулиць і майданів

визначається за виразом [6]

$$Q_{доб.\max} = \frac{F_в \cdot q_в \cdot n \cdot 0{,}1}{10^3}, \qquad (3.8)$$

де $Q_{доб.\max}$ – максимальна добова витрата води на полив вулиць і майданів, м^3/д;

$F_в$ – площа вулиць і майданів, м^2;

$q_в$ – норма витрати води на полив, яка береться в залежності від типу покриття, виду поливу та інших умов, л/м^2. Для механізованого поливу удосконалених покрить вулиць і майданів $q_в$=0,3-0,4 л/м^2;

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

0,1 – поливається 10% від усієї площі.

Середня погодинна витрата води обчислюється за формулою

$$Q_{год.\text{mid}} = \frac{Q_{доб.\max}}{24}, \qquad (3.9)$$

де $Q_{год.\text{mid}}$ – середня погодинна витрата води населенням на полив вулиць і майданів, м^3/год.

Максимальна погодинна витрата води визначається за формулою

$$Q_{год.\max} = \frac{0{,}0417 \cdot F \cdot K_{год} \cdot q_в \cdot n \cdot 0{,}1}{10^3}, \qquad (3.10)$$

де $Q_{год.\max}$ – найбільша погодинна витрата води населенням на полив вулиць і майданів, м^3/год;

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

Максимальна секундна витрата води визначається за формулою (3.7).

– ***Визначення витрат води на полив зелених насаджень***.

Максимальна добова витрата води визначається за формулою [6]

$$Q_{доб.\max} = \frac{F_з \cdot q_з \cdot n \cdot 0{,}15}{10^3}, \qquad (3.11)$$

де $Q_{доб.\max}$ – максимальна добова витрата води на полив зелених насаджень, м^3/д;

$F_з$ – площа зелених насаджень, м^2;

$q_з$ – норма витрати води на полив, л/м^2, ($q_з$=3,0-4,0 л/м^2);

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

0,15 – поливається 15% від усієї площі.

Середня погодинна витрата води обчислюється за формулою

$$Q_{год.\text{mid}} = \frac{Q_{доб.\max}}{24}, \tag{3.12}$$

де $Q_{год.\text{mid}}$ – середня погодинна витрата води населенням на полив зелених насаджень, м^3/год.

Максимальна погодинна витрата води визначається за формулою

$$Q_{год.\max} = \frac{0{,}0417 \cdot F_з \cdot K_{год} \cdot q_з \cdot n \cdot 0{,}15}{10^3}, \tag{3.13}$$

де $Q_{год.\max}$ – найбільша погодинна витрата води населенням на полив зелених насаджень, м^3/год;

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

Максимальна секундна витрата води визначається за формулою (3.7).

3.3.1. Норми водоспоживання для управління житлово-комунального господарства

Норми водоспоживання для управління житлово-комунального господарства розраховуються з врахуванням наступних складових [15]:

– ***Водоспоживання по ділянці зеленгосп (благоустрій)***.

Витрати води на господарсько-питні потреби (в тому числі прибирання приміщень, миття рук, туалет).

Норма витрат води на кількість службовців розраховується як

$$Q_{гос.доб} = N \cdot 0{,}012; \tag{3.14}$$

$$Q_{гос.р.сл} = Q_{госп.доб} \cdot T, \tag{3.15}$$

де $Q_{гос.доб}$ – добова норма витрат води, м^3/д;

N – кількість працюючих на ділянці, чол.;

0,012 – норма витрат води на одного службовця;

$Q_{гос.р.сл}$ – річна витрата води на потреби службовців, м^3/рік;

T – кількість робочих днів у році, дн., (T=261 дн.).

Норма витрат води на кількість робітників розраховується як

$$Q_{гос.доб} = N \cdot 0{,}015; \quad (3.16)$$

$$Q_{гос.р.пр} = Q_{госп.доб} \cdot T, \quad (3.17)$$

де 0,015 – норма витрат води на одного робітника;

$Q_{гос.р.пр}$ – річна витрата води на потреби робітників, м^3/рік.

Всього витрати води на господарсько-побутові потреби

$$Q_{госп} = Q_{гос.р.сл} + Q_{гос.р.пр}; \quad (3.18)$$

$$Q_{госп.р} = Q_{госп} \cdot T, \quad (3.19)$$

де $Q_{госп}$ – добова витрата води на потреби працівників управління житлово-комунального господарства, м^3/д;

$Q_{госп.р}$ – річна витрата води на потреби працівників управління житлово-комунального господарства, м^3/рік.

Витрати води на полив складаються з поливу зелених насаджень та трав'яного покриву.

Добове водоспоживання на полив зелених насаджень розраховується за формулою

$$Q_{пол.з.доб} = F_з \cdot q_з; \quad (3.20)$$

де $F_з$ – загальна площа зелених насаджень, м^2;

$q_з$ – витрата води на 1 м^2 зелених насаджень, м^3/м^2.

Річне споживання води на полив зелених насаджень розраховується за формулою

$$Q_{пол.з.річ} = Q_{пол.з.доб} \cdot T, \quad (3.21)$$

де $Q_{пол.з.доб}$ – добове споживання води на полив зелених насаджень, м^3/д.

Добове водоспоживання на полив трав'яного покриву розраховується за формулою

$$Q_{пол.т.доб} = F_т \cdot q_т; \quad (3.22)$$

де $F_т$ – загальна площа трав'яного покриву, м^2;

$q_т$ – витрата води на 1 м^2 трав'яного покриву, м^3/м^2.

Річне споживання води на полив трав'яного покриву розраховується за формулою

$$Q_{пол.т.річ} = Q_{пол.т.доб} \cdot T\,, \qquad (3.23)$$

де $Q_{пол.т.доб}$ – добове споживання води на полив трав'яного покриву, м^3/д.

Всього витрати води на полив становлять

$$Q_{пол.доб} = Q_{пол.з.доб} + Q_{пол.т.доб}; \qquad (3.24)$$

$$Q_{пол.р} = Q_{пол.доб} \cdot T\,, \qquad (3.25)$$

де $Q_{пол.доб}$ – добова витрата води на полив, м^3/д;

$Q_{пол.р}$ – річна витрата води полив, м^3/рік.

– ***Водоспоживання на адміністративний персонал*** розраховується за формулами (3.14)-(3.15).

– ***Водоспоживання по цеху каналізації*** складається з витрат води на котельню та на господарсько-побудові потреби.

Витрати води для котельної з тепломережею закритого типу визначаються за формулою

$$Q_{кот} = 0{,}005 \cdot П_н \cdot T + \frac{З}{К} \cdot З\,, \qquad (3.26)$$

де 0,005 – норматив підживлення теплової мережі свіжою водою;

$П_н$ – продуктивність насоса, м^3/год;

T – час роботи насоса впродовж року, год;

$З$ – кількість замін води впродовж року;

$К$ – час роботи насоса впродовж року.

Витрати води на господарсько-побутові потреби розраховуються за формулами (3.14)-(3.19).

– ***Водоспоживання по водопровідному цеху*** складається з витрат води на господарсько-побутові потреби та витрат води на виробничі потреби.

Витрати води на господарсько-побутові потреби розраховуються за формулами (3.14)-(3.19).

Витрата води на виробничі потреби складається з витрат води на промивання фільтрів та визначається за формулою

$$Q_{пр.доб} = F_ф \cdot Q \cdot T \cdot З\,, \qquad (3.27)$$

де $F_ф$ – площа фільтра, м^2;

Q – інтенсивність промивання, л/с;

T – тривалість промивання, хв;

$З$ – кількість промивань на добу.

Витрата води в рік на промивання швидких фільтрів визначається

$$Q_{пр.рік} = Q_{пр.доб} \cdot T_{рік}, \quad (3.28)$$

де $T_{рік}$ – кількість днів у році, дн.

Повільні фільтри промиваються крізь сепаратор з використанням верхнього шару завантаження. Витрата води для промивання повільних фільтрів визначається аналогічно.

– ***Водоспоживання по ділянці зовнішнього благоустрою міста*** складається з водоспоживання на господарсько-побутові потреби, полив тротуарів, доріг, майданів та витрат води для миття громадських туалетів.

Водоспоживання на господарсько-побутові потреби розраховується за формулами (3.14)-(3.19).

Витрати на полив тротуарів, майданів та проїздів розраховуються за формулами (3.20)-(3.21) або (3.22)-(3.23).

Витрата води для миття туалетів, які не мають внутрішнього підводу води визначається за формулою

$$Q_m = q_m \cdot T_к \cdot T_{рік}, \quad (3.29)$$

де q_m – норма витрат води на миття 1 туалету, м^3/год;

$T_к$ – кількість туалетів, шт.;

$T_{рік}$ – кількість днів у році, дн.

Витрати води на виробничі потреби ділянки визначаються як сума витрат води на полив доріг та миття туалетів.

– ***Водоспоживання по цеху комунтранс*** складається з водоспоживання на господарсько-побутові потреби, водоспоживання на автотранспорт та механізми.

Водоспоживання на господарсько-побутові потреби розраховується за формулами (3.14)-(3.19).

Водоспоживання на автотранспорт складається з річної потреби в зворотній і свіжій воді та заправки системи охолодження автотранспорту водою.

Заправка системи охолодження автотранспорту водою визначається

$$Q_{зап} = N_{ав} \cdot q_{ав} \cdot T_{зим}, \quad (3.30)$$

де $N_{ав}$ – кількість автомашин, шт.;

$q_{ав}$ – норма заправки системи охолодження, м^3/год;

$T_{зим}$ – тривалість зимового періоду, дн.

Річна потреба в зворотній воді для миття автотранспорту визначається за формулою

$$Q_1 = 1{,}4 \cdot A_1 \cdot d(П_с M_с + П_г M_г + П_з M_з), \quad (3.31)$$

де 1,4 – витрата води на 1 умовну автомашину, м^3;

A_1 – кількість умовних автомобілів, шт.;

d – коефіцієнт використання парка;

$П_с$ – кількість днів з сухою погодою;

$П_г$ – кількість днів з опадами та відлигами;

$П_з$ – кількість морозних днів;

$M_с$, $M_г$, $M_з$ – періодичність миття рухомого складу відповідно в днях $П_с$, $П_г$, $П_з$.

Річна потреба в свіжій воді для миття автотранспорту визначається за формулою

$$Q_2 = 0{,}25 \cdot A_1 \cdot d \cdot (П_с(1 + M_с) + П_г(1 + M_г) + П_з(1 + M_з)). \quad (3.32)$$

де 0,25 – витрата води на 1 умовну автомашину, м^3.

Всього на водоспоживання по автотранспорту витрачається

$$Q_{тр} = Q_{зап} + Q_1 + Q_2 + ... \quad (3.33)$$

Водоспоживання на механізми розраховується за формулою

$$Q_{мех} = q_{мех} \cdot 0{,}001 \cdot T, \quad (3.34)$$

де $q_{мех}$ – норма водоспоживання, л/с;

T – кількість робочих днів у році, дн., (T=261 дн).

Всього витрати води на автотранспорт розраховуються за формулою

$$Q_{заг} = Q_{тр} + Q_{мех}. \quad (3.35)$$

3.4. Витрати води для промислових підприємств

Витрати води для промислових підприємств складаються з витрат води на господарсько-питні й комунальні потреби, витрат води на душ і

витрат води на виробничі потреби.

– ***Визначення витрат води на господарсько-питні потреби підприємств.***

Середня погодинна витрата води визначається за формулою [6]

$$Q_{год.\text{mid}} = \frac{0{,}045 \cdot n_г + 0{,}025 \cdot n_x}{24}, \qquad (3.36)$$

де $Q_{год.\text{mid}}$ – середня погодинна витрата води на господарсько-питні потреби підприємства, м^3/год;

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

$n_г$ і n_x – відповідно кількість працюючих на підприємстві в гарячих і холодних цехах.

Розрахункові максимальна погодинна і секундна витрати води в розрізі доби повинні братися за зміною, в якій працює найбільша кількість робітників, тобто в 1-шу або максимальну зміну.

Максимальна погодинна витрата визначається за виразом

$$Q_{год.\max} = \frac{0{,}045 \cdot n_г \cdot K_г + 0{,}025 \cdot n_x \cdot K_x}{t_{зм}}, \qquad (3.37)$$

де $Q_{год.\max}$ – максимальна погодинна витрата води на господарсько-питні потреби підприємства, м^3/год;

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

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

Максимальна секундна витрата води визначається за формулою (3.7).

– ***Визначення побутових витрат води на підприємствах.***

Кількість працюючих, які користуються душем, встановлюється для кожного підприємства з дотриманням санітарних норм проектування промислових підприємств (табл. 3.5).

За нормами користування, душ приймають впродовж 45 хв після закінчення кожної зміни [6], при цьому максимальна погодинна витрата води на душ становить

$$Q_{год.\max} = \frac{Q_{зм}}{0{,}75}, \qquad (3.38)$$

де $Q_{год.\max}$ – найбільша погодинна витрата води на душ, м^3/год;

$Q_{зм} = (0{,}06 \cdot n_г + 0{,}04 \cdot n_x)$ – об’єми води на душ за зміну у гарячих і

холодних цехах, м^3;

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

Таблиця 3.5 – Кількість робітників, які обслуговуються однією душовою сіткою [12]

№ п/п	Групи виробничих процесів	Санітарні характеристики виробничих процесів	Кількість робітників на 1 душову сітку
1	I	Не викликає забруднення одягу і рук	25
2		Викликає забруднення одягу і рук	15
3	II	З застосуванням води	5
4		З виділенням великої кількості пилу або особливо забруднювальних речовин	3

Максимальна секундна витрата води визначається за формулою (3.7).

– ***Визначення витрат води на виробничі потреби підприємств***

Витрата води на виробничі потреби підприємства повинна визначатися за даними технологів.

Максимальна добова витрата води підприємств на виробничі потреби становить [6]

$$Q_{доб.\max} = П \cdot q_{пит}, \tag{3.39}$$

де $Q_{доб.\max}$ – найбільша добова витрата води на підприємстві на виробничі потреби, м^3/д;

$П$ – добова продукція підприємства;

$q_{пит}$ – середня питома витрата води на виробництво одиниці продукції, м^3.

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

Максимальна погодинна витрата води при цьому дорівнює

$$Q_{год.\max} = \frac{Q_{доб.\max}}{t}, \tag{3.40}$$

де $Q_{год.\max}$ – найбільша погодинна витрата води на виробничі потреби, м^3/год;

t – тривалість роботи підприємства в розрізі доби, год.

Максимальна секундна витрата води на виробничі потреби обчислюється за формулою (3.7).

3.4.1. Норми водоспоживання для підприємств цукрової промисловості

Індивідуальна норма водоспоживання $Q_{ін.в}$ на одиницю сировини (1 т буряку, 1 т очеретяного цукру-сирцю) або на одиницю продукції (1 т цукру-рафінаду) являє собою суму [16]:

– індивідуальної технологічної норми ($Q_{ін.тех.в}$);

– індивідуальної норми споживання води додатковим та підсобним виробництвами ($Q_{ін.дод.в}$);

– індивідуальної норми споживання води на господарсько-питні потреби ($Q_{ін.гос.в}$).

Розраховується за формулою

$$Q_{ін.в} = Q_{ін.тех.в} + Q_{ін.дод.в} + Q_{ін.гос.в}. \qquad (3.41)$$

За структурою індивідуальної норми розраховуються норми водоспоживання свіжої води ($Q_{ін.св.в}$), в тому числі технічної ($Q^{m}_{ін.св.в}$) та питної ($Q^{n}_{ін.св.в}$), з врахуванням різноманітних систем водопостачання.

Основою для визначення індивідуальних норм водоспоживання є операційні норми. Операційна норма складається з кількості води, що необхідна для виконання конкретної технологічної операції, і нормованих втрат, які припадають на одиницю сировини (продукції).

Кількість води, що необхідна для виконання конкретної технологічної операції, визначається відповідно до умов цукрової галузі за допомогою технологічних розрахунків в залежності від призначення води (як засіб транспортування, для миття цукру та ін.).

Водоспоживання по операціях основного виробництва бурякового заводу складається з наступних операцій:

– гідротранспорт цукру

$$Q_{тех} = \frac{y}{r \cdot I \cdot \sqrt{l} \cdot 100}, \qquad (3.42)$$

де y – коефіцієнт, що залежить від форми та розмірів поперечного перерізу жолоба, глибини потоку, швидкості руху суміші води з буряком за умови, що в жолобі не відбувається випадань осаду (y =0,6-1,2);

r – коефіцієнт корисного використання гідротранспортера (r=0,9-0,95);

I – ухил дна жолоба гідротранспортера (I=0,01-0,02);

– промивка сальників насосів для цукроводяної суміші;

– бадилляпідйомник;

– промивка сальників насосів транспортерно-мийних вод;

– миття буряку

$$Q_{mex} = \frac{(1000 - \gamma) \cdot z_c}{\gamma \cdot z_в}, \tag{3.43}$$

де γ – кількість буряку в 1 м^3 простору мийки (γ=420 кг/м^3), кг/м^3;

z_c – час перебування буряку в мийці (для звичайних горизонтальних мийок z_c=4,5-6 хв; для комбінованих мийок z_c=6,5-9 хв), хв;

$z_в$ – час перебування води в мийці в залежності від забрудненості буряку та допустимого забруднення води, що виходить з мийки ($z_в$ = =6-20 хв), хв;

– сировинна лабораторія

$$Q_{mex} = n \cdot K_з \frac{Q_n + Q_{np}}{q_n}, \tag{3.44}$$

де n – норматив на миття 1 проби буряку, л, (n=250 л);

$K_з$ – коефіцієнт забрудненості буряку;

Q_n – кількість буряку, що надходить впродовж доби на завод, т;

Q_{np} – кількість буряку, що переробляється впродовж доби, т;

q_n – кількість буряку, з якого береться одна проба, т, (q_n=40 т);

– миття бурякових хвостиків;

– промивка елеватора та бурякових вагів;

– дифузійна установка

$$Q_{mex} = \frac{Q_{д.с} + 80 - 100}{100}, \tag{3.45}$$

де $Q_{д.с}$ – відкачка дифузійного соку ($Q_{д.с}$=110-125% до маси буряку, в залежності від типу дифузії);

80 – вихід жому, %;

100 – кількість бурякової стружки, %;

– промивка осаду в вакуум-фільтрах

$$Q_{mex} = \frac{200 \cdot 4 \cdot x}{10000}, \quad (3.46)$$

де 200 – витрата води на промивку осаду, % до маси осаду;

x – витрата активного вапна на очищення соку (x=2,75% до маси буряку, в тому числі 2,5% на дефекацію, 0,25% – на другу сатурацію);

– конденсатор вакуум-фільтрів

$$Q_{mex} = a\frac{i - t_2}{(t_2 - t_1)100}, \quad (3.47)$$

де a – кількість пари, що надходить на конденсацію (a=2% до маси цукру);

i – теплоутримання пари, кДж/кг, (i=2596 кДж/кг);

t_1 – температура води, що надходить в конденсатор, ºС, (t_1=24ºС);

t_2 – температура барометричної води, ºС, (t_2=45ºС);

– миття фільтраційної тканини

$$Q_{mex} = \frac{q \cdot n \cdot F}{100}, \quad (3.48)$$

де q – витрата води на миття 1 м^2 тканини, л, (q=10 л);

n – коефіцієнт, що враховує нерівномірність роботи та ступінь використання мийки (n=2-4);

F – поверхня тканини, що миється (F=0,125 м^2 на 10 т переробленого буряку), м^2;

– промивка дискових фільтрів соку першої та другої сатурації;

– розведення фільтраційного осаду

$$Q_{mex} = \frac{K \cdot x}{100}, \quad (3.49)$$

де K – кратність розведення (K=5-6 при транспортуванні осаду шнеком; K=10-15 при перекачуванні осаду насосом; K=20 та більше при самопливному видаленні осаду);

x – загальна витрата активного вапна (x=2,75% до маси буряку);

– конденсатор випарної установки та вакуум-апаратів

$$Q_{mex} = D\frac{i - t_2}{(t_2 - t_1)100}, \quad (3.50)$$

де D – кількість пари, що надходить в конденсатор (для основного конденсатора D=23,3% до маси буряку; для попереднього конденсатора D визначається в залежності від необхідної кількості гарячої барометричної води з попереднього конденсатора на технологічні потреби);

i – повне теплопостачання парів, кДж/кг, (i=2617 кДж/кг);

t_1 – температура холодної води (визначається за замірами), ºС;

t_2 – температура барометричної води (визначається за замірами), ºС;

– охолодження утфеля в утфелемішалках останнього продукту

$$Q_{mex} = a\frac{(T_2 - T_1)C}{(t_2 - t_1)100}, \tag{3.51}$$

де a – вихід утфеля продукту (a=7,8% до маси цукру), %;

C – теплоємність утфеля, кДж/кг, (C=2 кДж/кг);

T_1 – температура утфеля при скиді, ºС, (T_1=78ºС);

T_2 – температура утфеля після охолодження, ºС, (T_2=40ºС);

t_1 – температура води, що надходить на охолодження (визначається за замірами), ºС;

t_2 – температура води на виході з теплообмінника (визначається за замірами), ºС;

– розкачка утфеля в утфелемішалках останнього продукту;

– підігрів утфеля в утфелемішалках останнього продукту;

– розведення грудочок цукру в пакувальній;

– гідрозатвори вакуум-апаратів;

– пробілка цукру в центрифугах першого продукту;

– охолодження вакуум-насосів, компресорів, підшипників відцентрових насосів;

– лабораторія заводу;

– гасіння вапна

$$Q_{mex} = \frac{\left(\frac{100 \cdot \gamma}{P} - 1\right)x}{100}, \tag{3.52}$$

де γ – питома маса вапнякового молока (γ=1,19);

P – вміст CaO в 1 л вапнякового молока, г/дм^3, (P=25,5 г/дм^3);

x – загальна витрата активного вапна (CaO) – 3% до маси буряку;

– очищення та охолодження сатураційного газу в лавері

$$Q_{mex} = \frac{C_1 + C_2}{(t_2 - t_1)100}, \quad (3.53)$$

де t_1 – температура холодної води (визначається за замірами), ºС;

t_2 – температура води після лавера (визначається розрахунком), ºС;

C_1 – кількість теплоти, що віддається сухим газом при його охолодженні:

$$C_1 = \frac{167 \cdot a}{100}(T_1 - T_2)C_г, \quad (3.54)$$

де T_1 – температура газу, що надходить в лавер після печі, ºС, (T_1=120-300ºС);

T_2 – температура газу, що виходить з лаверу, ºС, (T_2=30ºС);

$C_г$ – теплоємність газу, кДж/(кг·ºС), ($C_г$=1 кДж/(кг·ºС));

C_2 – кількість теплоти, що віддається водяною перегрітою парою, яка міститься в сатураційному газі, при його охолодженні і конденсації

$$C_2 = \frac{2{,}6 \cdot a}{100}(T_1 - t)C_n + (i - T_2), \quad (3.55)$$

де C_n – теплоємність перегрітої пари, кДж/(кг·ºС), (C_n=2 кДж/(кг·ºС));

i – повна тепломісткість насиченої пари, кДж/кг, (i=2667 кДж/кг);

t – температура насиченої пари, ºС, (t=96ºС);

– охолодження субліматорних сірчистих печей

$$Q_{mex} = \frac{2500 \cdot S}{(t_2 - t_1)100}, \quad (3.56)$$

де 2500 – теплота згоряння 1 кг чистої сірки, кДж/кг;

t_1 – температура холодної води (визначається за замірами), ºС;

t_2 – температура води, що відводиться (визначається за замірами), ºС;

S – сумарна витрата сірки, % до маси цукру.

Водоспоживання по операціях додаткового та підсобного виробництв бурякового заводу:

– миття автомобілів та інших машин в цеху механізації;

– обмивка рухомого складу на заводських залізничних під'їзних

шляхах;

– різноманітні витрати в механічній майстерні (охолодження устаткування, промивка виробів та ін.);

– охолодження допоміжного устаткування ТЕЦ;

– повітряохолоджувальні турбіни;

– мастилоохолоджувальні турбіни;

– параохолоджувачі;

– живлення парових котлів

$$Q_{дод} = \frac{D \cdot W}{100}, \tag{3.57}$$

де D – витрата пари по заводу (D=55-60% до маси буряку);

W – витрата води на гасіння шлаку та пари, обдування поверхні нагріву парових котлів і економайзерів, зволоження повітря, яке надходить у топки, дрібні потреби (W=4% до маси буряку);

– розхолодження конденсату від підігріву мазуту;

– продування парових котлів;

– хімводоочищення.

Водоспоживання на господарсько-питні потреби бурякового заводу:

– господарсько-питні потреби (в тому числі витрати на душові та полив території);

– прання мішкотари;

– миття полів та апаратури.

Для оперативного контролю за кількістю води, що споживається, підприємствам встановлюються ліміти водоспоживання. ***Ліміт водоспоживання*** – це розрахункова кількість свіжої води (питної та технічної), встановлювана директивно для підприємств з врахуванням їх виробничої програми, норм водоспоживання, заходів по зниженню витрат води та коефіцієнта нерівномірності її споживання, а також з врахуванням витрат води на потреби інших споживачів.

Ліміт водоспоживання (L) розраховується за формулою

$$L = \sum_{S=1}^{N} K_н Q_{ін.св.в} Q_S - E + Q_{інш.в}, \tag{3.58}$$

де $K_н$ – коефіцієнт нерівномірності споживання води;

$Q_{ін.св.в}$ – індивідуальна норма споживання свіжої води на одиницю продукції (сировини), м^3/т;

Q_S – плановий випуск продукції (планова переробка сировини), т;

E – економія витрат води, яку планується досягнути по етапах

впровадження організаційно-технічних заходів, м^3;

$Q_{інш.в}$ – витрата води на потреби інших водоспоживачів, що перебувають на балансі підприємства, м^3.

3.4.2. Норми водоспоживання для підприємств машинобудівельної промисловості

Водоспоживання для підприємств машинобудівельної промисловості розраховується для наступних ділянок виробництва [17]:

– ***Механічна ділянка*** – вода витрачається на приготування емульсії та емульсола для охолодження ріжучого інструменту.

Витрата свіжої води становить

$$Q_{мех} = \frac{Q_{ем} \cdot C_в}{C_{ем} \cdot 1000} N_c, \tag{3.59}$$

де $Q_{ем}$ – витрата емульсола, кг/год, ($Q_{ем}$=100 кг/год);

$C_в$ – вміст води, %, ($C_в$=96,5%);

$C_{ем}$ – вміст емульсола та емульсії, %, ($C_{ем}$=3,5%);

N_c – чисельність верстатного парку, шт., (N_c=150 шт.).

– ***Ділянка точкового зварювання*** – вода витрачається на охолодження трансформаторів та електродів. Встановлені два зварювальні напівавтомати.

Необхідність в охолоджувальній зворотній воді

$$Q_{ох.з} = Q_{\text{АТП}} \cdot T \cdot 266 + Q_{\text{МТП}} \cdot T \cdot 266, \tag{3.60}$$

де 266 – кількість робочих днів у році, дн.;

$Q_{\text{АТП}}$ – витрата охолоджувальної зворотної води на один зварювальний напівавтомат, м^3/год, ($Q_{\text{АТП}}$=0,3 м^3/год);

$Q_{\text{МТП}}$ – витрата охолоджувальної зворотної води на другий зварювальний напівавтомат, м^3/год, ($Q_{\text{МТП}}$=0,795 м^3/год);

T – час роботи автоматів, год/д, (T=8 год/д).

Необхідність в свіжій воді на підживлення системи

$$Q_{п.ох.з} = Q_{ох.з} \cdot K, \tag{3.61}$$

де K – коефіцієнт підживлення для вентиляторних градирень, (K=0,03).

– ***Інструментальна ділянка*** – вода витрачається на

охолодження індукторів та трансформаторів, установок току високої частоти.

Необхідність установки в холодній воді

$$Q_{інс} = Q \cdot t \cdot 266, \tag{3.62}$$

де Q – необхідність установки в холодній воді, м^3/год, (Q=4 м^3/год);

t – час роботи установки за умови роботи в 2 зміни, год/д, (t=16 год/д).

Необхідність в свіжій воді на підживлення системи

$$Q_{п.інс} = Q_{інс} \cdot K, \tag{3.63}$$

де K – коефіцієнт підживлення для бризкальних басейнів, (K=0,03).

– ***Ділянка ОСК-25А*** – вода витрачається на підживлення гальванічних ванн холодної та гарячої промивки.

$$Q_г = N \cdot (K_1 \cdot V_1 + K_2 \cdot V_2) \cdot t \cdot 266, \tag{3.64}$$

де N – кількість промивних ванн (2 холодної промивки та 2 гарячої промивки);

K_1 – змінність води для ванн холодної промивки, об'єм/год, (K_1= =1 об'єм/год);

K_2 – змінність води для ванн холодної промивки, об'єм/год, (K_2=0,5 об'єм/год);

V_1 – об'єм ванни для холодної промивки, м^3, (V_1=1,2 м^3);

V_2 – об'єм ванни для холодної промивки, м^3, (V_2=1,2 м^3);

t – час роботи за умови роботи в 2 зміни, год/д, (t=16 год/д).

– ***Ливарний цех*** – вода витрачається на зволоження формувальної суміші, часткового зволоження перегорілої суміші на обрубочній ділянці та зволоження суміші модельної ділянки.

$$Q_{лив} = M \cdot K, \tag{3.65}$$

де M – річний план заводу з лиття, т, (M=2100 т);

K – норматив витрати води на 1 т лиття, м^3, (K=1,1 м^3).

– ***Сталеплавильний цех*** – вода витрачається на охолодження індукторів, трансформаторів та конденсаторів установки ІСТ-0,4.

Установка обладнана системою оборотного водоохолодження

$$Q_{стал} = Q \cdot t \cdot 266, \tag{3.66}$$

де Q – необхідність в охолоджувальній воді, м^3/год, (Q=4,75 м^3/год);

t – час роботи, год/д, (t=6 год/д).

Необхідність в свіжій воді на підживлення системи

$$Q_{п.стал} = Q_{стал} \cdot K, \tag{3.67}$$

де K – коефіцієнт підживлення для вентиляторної градирні, (K=0,03).

– ***Компресорна ділянка*** – вода витрачається на охолодження компресорів.

$$Q_{комп} = Q \cdot t \cdot 266, \tag{3.68}$$

де Q – необхідність в охолоджувальній воді, м^3/год, (Q=6,8 м^3/год);

t – час роботи, год/д, (t=16 год/д).

Необхідність в свіжій воді на підживлення системи

$$Q_{п.комп} = Q_{комп} \cdot K, \tag{3.69}$$

де K – коефіцієнт підживлення для вентиляторних градирень, (K=0,03).

– ***Котельня*** – використовується на обігрівання частини корпусів заводу, бойлерів водяного опалення, підігрів ванн гальванічного цеху та обігрівання бойлерів гарячого водопостачання.

Котельня працює 266 днів по 24 год

$$Q_{кот} = 266 \cdot t \cdot Q_н \cdot 0{,}005 + W \cdot 3, \tag{3.70}$$

де t – час роботи, год/д, (t=24 год/д).

$Q_н$ – часова продуктивність насосів, м^3/год, ($Q_н$=40 м^3/год);

0,05 – норматив закритої системи опалення;

W – об’єм закритої системи, м^3, (W=70 м^3);

3 – кількість змін води (3=2).

– ***Транспортна ділянка*** – вода витрачається на миття автотранспорту та заправку систем охолодження двигунів у зимовий період.

На заправку систем охолодження

$$Q_{з.ох} = 0{,}026 \cdot A \cdot N_з, \tag{3.71}$$

де 0,026 – норматив витрат води на заправку систем охолодження

двигуна умовного автомобіля;

A – кількість умовних автомобілів;

$N_з$ – кількість днів в році з температурою повітря нижче 0ºС;

На заправку тракторного парку

$$Q_{з.тр} = \frac{N \cdot П_з}{1000}, \tag{3.72}$$

де N – потужність, л.с.

Річна потреба в воді на миття автотранспорту розраховується за формулою (3.31).

Всього по транспортній ділянці

$$Q_т = Q_{з.ох} + Q_{з.тр} + Q_1 + ... \tag{3.73}$$

Всього на виробничі потреби необхідно свіжої води

$$Q_{св}^{в} = Q_{мех} + Q_{п.ох.з} + Q_{п.інс} + Q_г + Q_{лив} + Q_{п.стал} + Q_{п.комп} + \\ + Q_{кот} + Q_т. \tag{3.74}$$

Всього на виробничі потреби необхідно зворотної води

$$Q_{зв}^{в} = Q_{ох.з} + Q_{інс} + Q_{стал} + Q_{комп}. \tag{3.75}$$

Витрати води на господарсько-побутові потреби складаються з витрат води на робітників, службовців, на душові, на заводську їдальню:

– витрати води на робітників, службовців розраховуються за формулою

$$Q_{роб} = ((N_р + N_{сл}) \cdot 25 + N_{рг} \cdot 45 + N_{ІТР} \cdot 12) \cdot \frac{266}{1000}, \tag{3.76}$$

де $N_р$ – чисельність робітників, чол.;

$N_{сл}$ – чисельність службовців, чол.;

$N_{рг}$ – чисельність робітників, які працюють в гарячих цехах, чол.;

$N_{ІТР}$ – чисельність інженерно-технічних робітників, чол.;

25, 45, 12 – норма витрат води на робітників, службовців, робітників гарячих цехів, інженерно-технічних робітників;

– витрати води душові розраховуються за формулою

$$Q_{душ} = 3 \cdot N_д \cdot q_д \cdot T_{роб}, \quad (3.77)$$

де 3 – кількість змін, (3=2);

$N_д$ – кількість душових сіток, шт.;

$q_д$ – витрата води на 1 сітку, м^3/зміну, ($q_д$=0,5 м^3/зміну);

$T_{роб}$ – кількість робочих днів у році, дн., ($T_{роб}$=266 дн.);

– витрати води на заводську їдальню

$$Q_{їд} = \frac{N_б \cdot q_б}{1000}, \quad (3.78)$$

де $N_б$ – кількість блюд, що готуються їдальнею, шт.;

$q_б$ – витрати води на 1 блюдо, л.

Всього на господарсько-побутові потреби необхідно свіжої води

$$Q_{св}^{госп} = Q_{роб} + Q_{душ} + Q_{їд}. \quad (3.79)$$

Всього по заводу водоспоживання свіжої води становить

$$Q_{св} = Q_{св}^{в} + Q_{св}^{госп}. \quad (3.79)$$

3.5. Витрати води на пожежогасіння

Розрахункові витрати води на зовнішнє пожежогасіння залежать від розмірів населених пунктів, поверховості будинків і ступеня їхньої вогнестійкості, категорій виробництв та ін. чинників.

Максимальна секундна витрата води на гасіння пожеж визначається за формулою [6]

$$Q_{пож.\max} = q_{пож} \cdot n + q'_{пож}, \quad (3.80)$$

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

$q_{пож}$ – розрахункова витрата води на пожежогасіння 1 зовнішньої пожежі, л/с, (визначається за табл. 3.1 для населеного пункту або табл. 3.2 для промислового підприємства);

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

n – кількість пожеж (табл. 3.1).

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

$$Q'_{пож} = 10{,}8\left(q_{пож} \cdot 2 + q'_{пож}\right), \tag{3.81}$$

де $Q'_{пож}$ – повний об'єм води на гасіння пожежі окремо для населеного пункту $Q_{пож}^{НП}$ та для промислового підприємства $Q_{пож}^{ПП}$, м^3.

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

$$Q_{пож} = Q_{пож}^{НП} + 0{,}5Q_{пож}^{ПП}, \tag{3.82}$$

де $Q_{пож}$ – повний об'єм води на пожежогасіння, м^3;

$Q_{пож}^{НП}$ і $Q_{пож}^{ПП}$ – відповідно витрати води на гасіння пожеж для населеного пункту та для промислового підприємства, м^3.

Витрата води на пожежогасіння за 1 годину:

$$Q_{год.пож} = \frac{Q_{пож}}{3}, \tag{3.83}$$

де $Q_{год.пож}$ – витрата води на пожежогасіння за 1 год, м^3/год;

$Q_{пож}$ – повна витрата води на пожежогасіння, м^3.

Секундна витрата води на пожежогасіння:

$$Q_{с.пож} = \frac{Q_{год.пож}}{3{,}6}, \tag{3.84}$$

де $Q_{с.пож}$ – найбільша секундна витрата на гасіння пожеж, л/с.

Контрольні питання

1. Що таке «норма водоспоживання»?
2. Питомі витрати води на господарсько-питні, комунально-побутові та промислові потреби.
3. Які розрахункові витрати води існують у різних галузях господарства?
4. Максимальні добові, середні погодинні, максимальні погодинні та максимальні секундні витрати води населенням міст.
5. Складові витрат води на комунальні потреби міст.

6. Як розраховуються загальні витрати води господарсько-питного водопостачання?

7. Складові витрат води для промислових підприємств.

8. Що розуміється під лімітом водоспоживання?

9. Яким чином обчислюється витрата води на гасіння пожеж?

Розділ 4. Гідроекологічні особливості водовідведення

4.1. Класифікація та стисла характеристика стічних вод

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

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

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

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

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

– забруднені переважно мінеральними домішками (підприємства металургійної, гірничодобувної промисловості, хімічні заводи з виробництва мінеральних добрив, кислот, будівельних матеріалів тощо);

– забруднені здебільшого органічними речовинами (підприємства харчової, целюлозно-паперової, хімічної та мікробіологічної промисловості, заводи з виробництва каучуку, пластмас тощо);

– забруднені мінеральними та органічними домішками (нафтодобувна, нафтопереробна, нафтохімічна, легка і харчова промисловість, підприємства з органічного синтезу).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

– промислові стічні води, що містять токсичні сполуки;

– кислі або лужні стічні води;

– виробничі стічні води з неприємним запахом;

– високомінералізовані води;

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

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

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

На кількість і склад виробничих стічних вод значно впливає система

водозабезпечення. Чим більше води оборотного циклу використовується на технологічні потреби, тим меншою є абсолютна кількість стічних вод та більше може міститься у них забруднювальних речовин.

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

Для відведення стічних вод від окремих апаратів виконується розрахунок трубопроводів за максимальними витратами води за секунду. Цехові трубопроводи, а також зовнішні колектори від окремих цехів або заводських корпусів розраховуються для пропуску максимальної погодинної витрати води промислових об'єктів; загальнозаводські і позамайданчикові колектори – відповідно до суміщеного графіка погодинних витрат від кількох цехів або корпусів.

Технологія різних виробництв у деяких випадках потребує врахування режиму припливу стічних вод не тільки впродовж доби, а й місяця або сезону року (спиртово-крохмальні, цукрові, консервні, виноробні та інші заводи) [3, 6].

4.2. Загальна схема водовідведення та її основні елементи

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

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

Внутрішнє каналізаційне обладнання призначене для прийому стічних вод і відведення їх за межі будинку. В житлових та громадських будинках приймачами стічних вод є санітарні прилади. На промислових підприємствах для прийому стічних вод можуть використовуватися спеціальні приймачі у вигляді воронок, трапів, лотків, які встановлюються

безпосередньо біля апаратів та технологічного обладнання.

Вуличні каналізаційні мережі – це система підземних трубопроводів, які приймають стічні води від дворових (квартальних) мереж і призначені для транспортування стічних вод у межах населеного пункту. Каналізаційні мережі будуються переважно самопливними та прокладаються відповідно до рельєфу місцевості. При цьому територія поділяється на басейни каналізування. ***Басейном каналізування*** називається частина території, що каналізується, яка обмежена вододілами.

Каналізаційні мережі, призначені для відведення атмосферних вод, називаються ***дощовими мережами***, або ***водостоками***; мережі, призначені для відведення побутових вод – ***побутовими***; мережі для відведення виробничих стічних вод – ***виробничими***. Влаштовуються також мережі для спеціального відведення різних видів стічних вод (побутово-виробничі, виробничо-дощові тощо).

Вуличні каналізаційні мережі в межах кожного басейну об'єднуються одним або кількома колекторами. ***Колектором*** називається каналізаційний трубопровід, який забирає стічні води з двох або декількох вуличних мереж.

При значних заглибленнях самопливних каналізаційних трубопроводів влаштовуються ***насосні станції*** підйому та перекачування стічних вод. Каналізаційні насосні станції поділяються на місцеві, районні та головні. Місцеві насосні станції призначені для перекачування стічних вод від одного або декількох будинків, районні – для перекачування стічних вод районів та басейнів. Головні насосні станції перекачують всі стічні води на очисні споруди.

Очисними називаються споруди, призначені для очищення та знезараження стічних вод і переробки їх осаду. Склад очисних споруд може бути різним і залежить від методу очищення та виду стічних вод. Очисні споруди розташовуються нижче за течією річки відносно населеного пункту або промислового підприємства, що каналізуються.

Після очищення та знезараження стічні води скидаються у водойми крізь спеціальні пристрої, які називаються ***випусками***.

Залежно від того, як відводяться окремі види стічних вод – разом або окремо – системи каналізації поділяються на загальносплавні, роздільні (повні або неповні) та напівроздільні (див. п. 4.3). Тип системи каналізації міста обирається на основі порівняння техніко-економічних та санітарно-гігієнічних показників.

Важливим етапом складання схеми каналізування є трасування вуличних трубопроводів. Місце їх розташування визначається необхідністю прийому і відведення води від кожного кварталу забудови. Трасування вуличних трубопроводів залежить від рельєфу місцевості і диктується необхідністю забезпечити найменше заглиблення внутрішньоквартальних мереж і вуличних трубопроводів.

Залежно від цього схема мереж систем водовідведення може бути:

Перпендикулярна (рис. 4.1, а) – колектори басейнів водовідведення трасуються перпендикулярно до напряму течії води у водоймі. Застосовується така схема при ухилі поверхні землі до водойми і відведенні стічних вод, що не потребують очищення (дощові, умовно чисті).

Пересічена (рис. 4.1, б) – колектори басейнів водовідведення трасуються перпендикулярно до напряму течії води у водоймі і перехоплюються головним колектором, що трасується паралельно річці. Така схема застосовується при плавному падінні рельєфу місцевості до водойми і необхідності очищення стічних вод.

Паралельна (рис. 4.1, в) – застосовується при різкому падінні рельєфу місцевості до водойми. Ця схема дозволяє виключити в колекторах басейнів водовідведення підвищені швидкості руху води.

Зонна (рис. 4.1, г) – обслуговувана територія розбивається на дві зони: з верхньої стічні води відводяться самопливно до очисних споруд, а з нижньої зони перекачуються насосною станцією. Застосовується при невеликому падінні рельєфу місцевості до водойми.

Радіальна (рис. 4.1, д) – застосовується при складному рельєфі місцевості і у великих містах. Очищення стічних вод здійснюється на 2-х і більшій кількості очисних споруд.

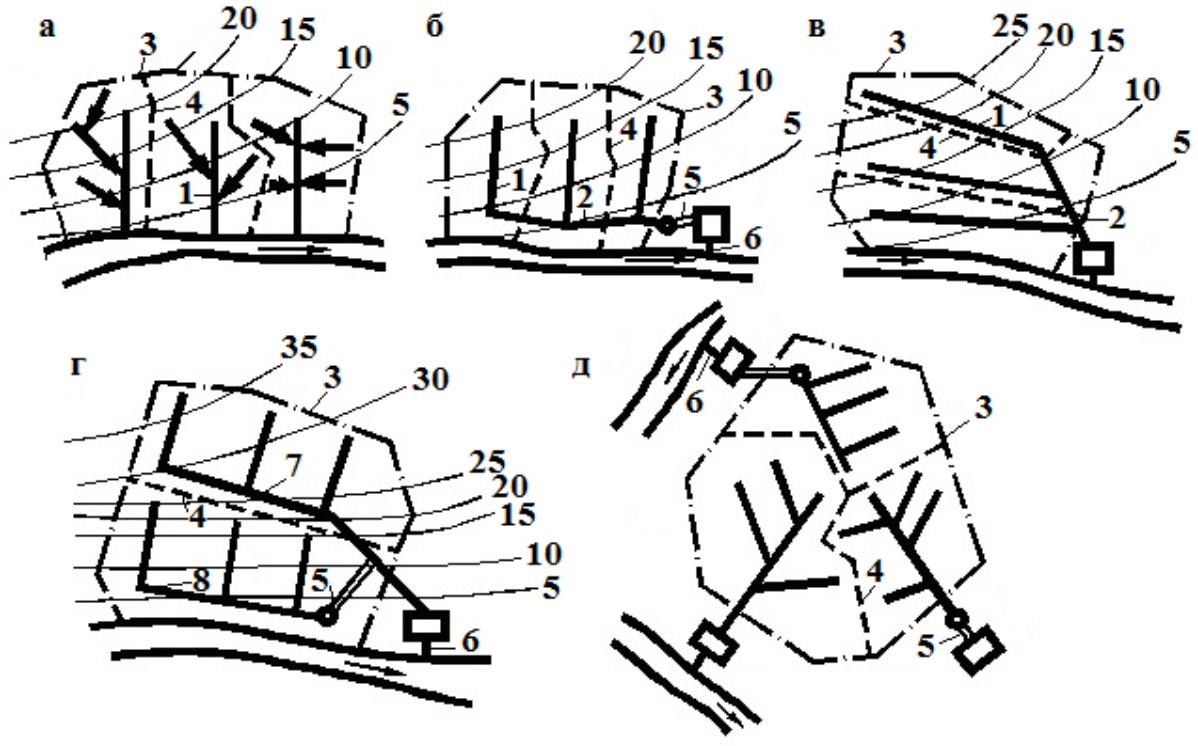

Рис. 4.1 – Схеми каналізаційних мереж [6, 8]

Умовні позначення: а – перпендикулярна; б – пересічена; в – паралельна; г – зонна; д – радіальна; 1 – колектори басейнів водовідведення; 2 – головні колектори; 3 – межа обслуговуваного об'єкта; 4 – межа басейнів водовідведення; 5 – напірний трубопровід; 6 – випуск; 7 і 8 – головні колектори відповідно до верхньої і нижньої зон.

4.3. Системи водовідведення

Системи водовідведення (каналізування) – це комплекс інженерних споруд, технічних і санітарних заходів, які забезпечують організоване збирання й виведення трубопроводами стічних вод з території населених пунктів або промислових підприємств, їх очищення, знешкодження і знезараження [3].

Обираючи систему водовідведення стічних вод, необхідно враховувати [3, 6]:

– можливість зменшення кількості забруднених промислових стічних вод підприємства за рахунок раціоналізації технологічних процесів;

– можливість повторного використання промислових стічних вод у системі оборотного водопостачання або використання їх в інших виробництвах з менш жорсткими вимогами щодо якості води;

– доцільність вилучення і використання цінних компонентів, що містяться в стічних водах;

– можливість і доцільність сумісного водовідведення від кількох поряд розташованих промислових підприємств та інших об'єктів та приєднання їх до міської каналізаційної мережі;

– умови скиду промислових стічних вод у водойми і необхідний ступінь їх очищення;

– можливі способи очищення стічних вод та їх використання в замкнених водообмінних циклах;

– можливість і доцільність використання виробничих стічних вод для зрошування сільськогосподарських угідь;

– доцільність локального очищення стічних вод окремих виробництв;

– самоочисну здатність водойми;

– техніко-економічні показники для кожного варіанта рішення.

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

проектують з урахуванням каналізування комплексу промислових підприємств і населених пунктів певного району.

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

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

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

Загальносплавна система водовідведення (рис. 4.2, а) має одну водовідвідну мережу, яка призначена для відведення всіх стічних вод – виробничих, побутових, атмосферних. Уздовж головного колектора загальносплавної системи можуть бути влаштовані зливовідводи для безпосереднього скиду в річку частини стоку. Це здійснюється з метою зменшення розмірів та кількості колекторів, тобто здешевлення водовідвідної системи.

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

мінеральних солей у стоках не повинна змінювати вміст солей у водоймі-приймачі більше ніж на величину, що визначається ГДК.

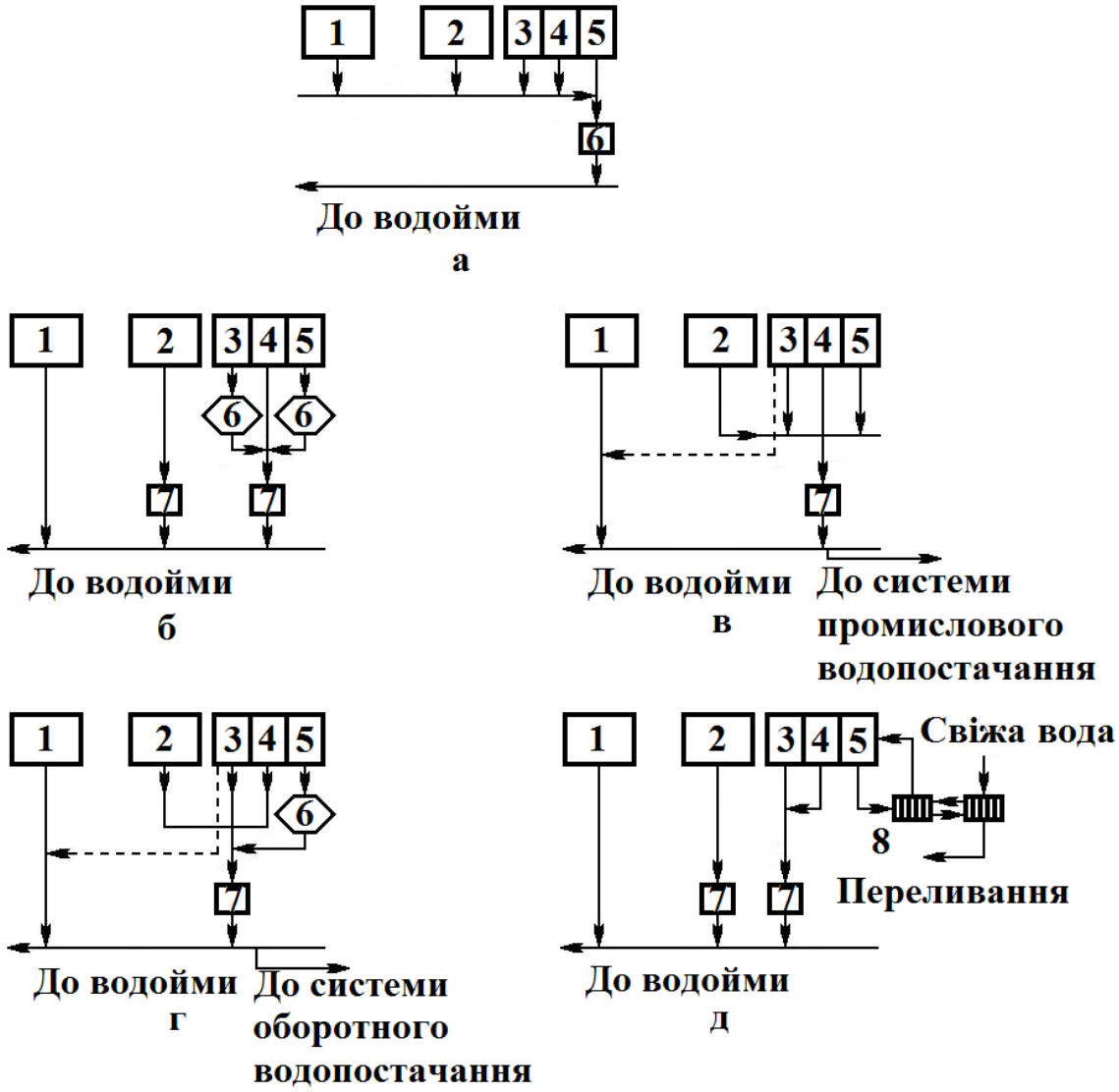

Рис. 4.2 – Схеми систем водовідведення [3, 6]

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

Повна роздільна система водовідведення має два або більше колекторів, призначених для окремого відведення стічних вод певної категорії (рис. 4.2, б). Такі системи водовідведення застосовуються, якщо

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

Двомережна неповна роздільна система водовідведення (рис. 4.2, в) використовується для очищення побутових і виробничих стічних вод, якщо мінералізація та склад органічних забруднювальних речовин дають змогу здійснювати їх сумісне очищення (наприклад, на підприємствах харчової промисловості, де виробничі стоки за своїм складом близькі до побутових). Якщо на підприємстві утворюються умовно чисті виробничі води (з підвищеними вмістом завислих речовин і температурою), то їх відводять зливовою каналізацією або використовують у системі оборотного водопостачання після охолодження і відстоювання.

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

У разі забруднення виробничих стічних вод цінними речовинами вони відводяться окремими лініями на локальні очисні установки для вилучення, регенерації або утилізації цінних продуктів (рис. 4.2, г). Очищені води можна повторно використовувати в технологічних процесах або скидати в загальний колектор промислових стічних вод для сумісного доочищення з іншими стоками на загальнозаводських очисних спорудах.

Крім того, є системи водовідведення з повним або частковим використанням суміші очищених стічних і зливових вод для потреб промислового водопостачання, а також з ***роздільною системою каналізування*** підприємства тоді, коли виробничі стічні води використовуються для оборотного водопостачання, а очищені побутові й зливові стічні води скидаються у водойми (рис. 4.2, д).

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

система. Стічні води, що періодично надходять після миття підлог, потрапляють у приймальні резервуари. Однак надходження у такі резервуари стічних вод, які під час змішування утворюють токсичні гази, категорично забороняється.

Окремі приймальні резервуари на підприємствах встановлюються у таких випадках [3, 6]:

– при перекачуванні стічних вод різних категорій, змішування яких може спричинити утворення токсичних або вибухонебезпечних сумішей газів та утворення осадів;

– при перекачуванні стічних вод, що містять сірководень, сірковуглець та інші вибухонебезпечні й токсичні гази;

– при перекачуванні нафтопродуктів, виділених зі стічних вод.

4.4. Загальноміські очисні споруди

Стічні води, що є сумішшю промислових, господарсько-побутових та частково атмосферних (зливових і талих), через зовнішню каналізацію потрапляють на загальноміські очисні споруди (рис. 4.3), до складу яких входять блоки механічного і біологічного очищення, доочищення, знезараження та оброблення осаду.

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

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

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

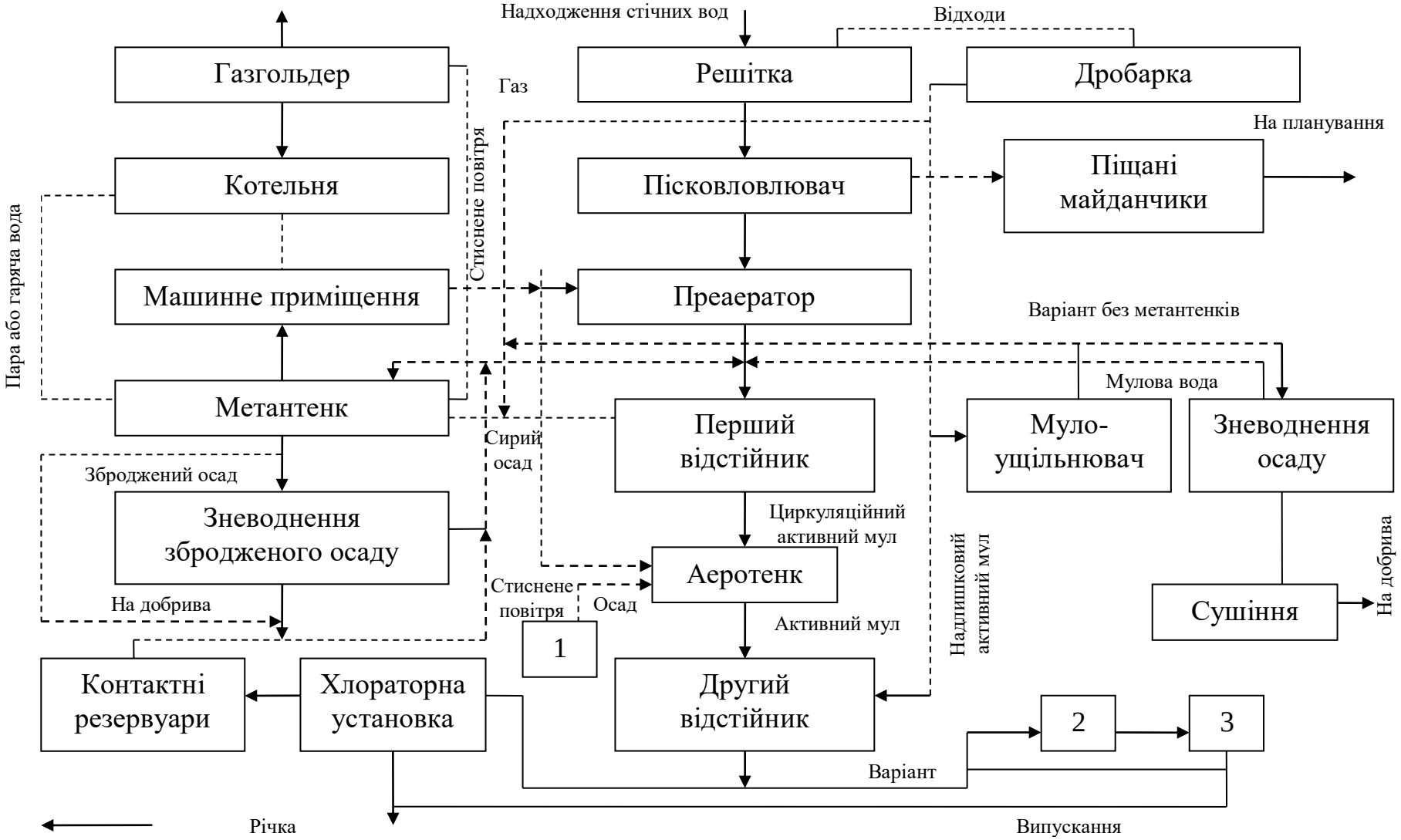

Рис. 4.3 – Схема повного біологічного очищення міських стічних вод в аеротенках [3]

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

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

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

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

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

У разі неповного очищення стічних вод, коли їхня якість не задовольняє санітарним вимогам до скиду у водні об’єкти або коли ці води необхідно використовувати для технічного водозабезпечення, організовується їх доочищення. Для цього застосовуються фільтри із зернистим завантаженням, флотація, коагуляція і флокуляція, сорбція та інші спеціальні способи водопідготовки, пов’язані з видаленням сполук

фтору, кремнію, фосфору, азоту тощо. З метою надання очищеним стічним водам якості природної води їх доочищення може здійснюватися у каскаді біологічних ставків, спорудах на зразок біоплато, полях зрошення та фільтрації.

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

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

Очищення стічних вод на полях зрошення і полях фільтрації відбувається в процесі фільтрації води крізь шар ґрунту. Внаслідок адсорбції вода залишає в ньому завислі та колоїдні речовини, які разом із бактеріями обволокують частинки ґрунту і утворюють біологічну плівку. Ця плівка адсорбує на своїй поверхні колоїдні та розчинені речовини стічних вод, і повітря, використовуючи проникаючий у пори кисень, окислює органічні забруднювальні речовини, які перетворюються на мінеральні сполуки (нітрити і нітрати). Через те, що атмосферне повітря інтенсивно проникає в пори ґрунту на глибину 0,2-0,4 м, саме в цьому шарі відбуваються окислювальні процеси. Глибше процес окислення протікає повільніше. Практично активний шар ґрунту, в якому відбуваються процеси очищення стічних вод, досягає 1,5 м.

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

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

Біологічні фільтри – це резервуари, в яких біологічне очищення стічних вод відбувається при її фільтрації крізь крупнозернистий матеріал (гравій, керамзит, крупнозернистий пісок, шлак та ін.). Поверхня зерен цього матеріалу вкрита біологічною плівкою, заселеною аеробними мікроорганізмами. Сутність біологічного очищення стічних вод на біофільтрах не відрізняється від процесу очищення на полях зрошення або фільтрації, проте біохімічне окислення відбувається значно інтенсивніше [1].

4.5. Умови приймання стічних вод у міську систему водовідведення

Промислові стічні води зазвичай утворюються на підприємствах, де послідовно відбувається їх очищення у цехах (локальне очищення) або на заводських очисних спорудах (станціях). Призначення локальних очисних споруд – вилучити зі стічних вод рекуперативними способами цінні інгредієнти, зменшити в стоках концентрацію забруднювальних речовин до рівня, що відповідає вимогам скиду стічних вод у загальний водовідвідний колектор, або до рівня, що дає змогу повернути очищені води у виробничий цикл.

На заводських очисних спорудах очищаються усі стічні води промислового підприємства, які цього потребують, перед подаванням їх до районних чи міських станцій біохімічного очищення або перед скидом у водойми чи поверненням у систему оборотного водопостачання підприємства. На заводських очисних станціях застосовуються механічні, фізико-хімічні, хімічні та інші способи очищення для вилучення всіх забруднювальних речовин, що заважають поверненню очищених вод у систему оборотного водопостачання або скиду їх на міську очисну станцію.

Необхідний ступінь очищення промислових стічних вод визначається умовами приймання їх у міську систему водовідведення. Оскільки у стічних водах промислових підприємств можуть міститися специфічні забруднювальні речовини, їх скид у міську каналізаційну мережу обмежений певними вимогами. Промислові стічні води, які скидаються у каналізацію [3], не повинні:

– порушувати роботу мережі та споруд водовідведення;

– містити понад 500 мг/дм^3 завислих і спливаючих речовин;

– містити речовини, здатні засмічувати труби каналізаційних мереж або відкладатися на їхніх стінках;

– руйнувати труби і споруди каналізації;

– містити горючі домішки та розчинені газуваті речовини, здатні утворювати пожежонебезпечні суміші у водовідвідній мережі та спорудах;

– містити шкідливі речовини у концентраціях, що гальмують біологічне очищення стічних вод або заважають скиду їх до водойм;

– мати температуру понад 40ºС;

– мати показник ХСК більший ніж у 2,5 рази за $БСК_5$ або більший у 1,5 рази за $БСК_П$. Інакше у стічних водах може накопичуватися значна кількість органічних сполук, що не піддаються біохімічному окисненню;

– містити токсичні й радіоактивні речовини, збудників інфекційних захворювань та речовини, для яких не встановлено ГДК.

У міські системи водовідведення забороняється скидати [3]:

– кислоти, луги, розчинники, смоли, мазут, бензин та інші нафтопродукти;

– концентровані маточні й кубові розчини;

– розчини, що містять сірководень, сірковуглець і легколеткі вуглеводні;

– осади після локальних очисних споруд, ґрунт, промислові відходи, будівельне й побутове сміття;

– речовини, здатні засмічувати труби, колодязі, решітки або відкладатися на стінках труб;

– горючі домішки й розчинені газуваті речовини, здатні утворювати вибухонебезпечні суміші, агресивні гази з руйнівною корозійною дією на каналізаційні мережі та споруди.

Для запобігання корозії каналізаційних колекторів споруд або порушення процесів біологічного очищення кислі й лужні промислові стічні води перед скидом у каналізацію необхідно нейтралізувати або усереднювати. За сумісного очищення виробничих і побутових стічних вод для забезпечення нормальної роботи міських очисних споруд необхідно виконувати такі вимоги [3]:

– активна реакція pH має бути в межах 6,5-8,5;

– температура має перебувати в інтервалі 6-30ºС;

– загальна концентрація розчинених солей не повинна перевищувати 10 г/дм^3;

– у воді не повинно бути мастил, смол і мазуту;

– у воді не повинно міститися біологічно жорстких синтетичних ПАР, що не окислюються у спорудах біологічного очищення;

– $БСК_П$ має становити не більш як 500 мгO_2/дм^3 у разі надходження на біологічні фільтри, аеротенки-витискувачі і понад 1000 мгO_2/дм^3 у разі надходження в аеротенки із розсередженим подаванням стічної води.

Скид промислових стічних вод у міську систему водовідведення має здійснюватися рівномірно впродовж доби. Залповий скид суворо забороняється. Стічні води, що не задовольняють зазначеним вище вимогам, мають спочатку очищатися на локальних або заводських очисних спорудах. Скид стічних вод після очищення регламентується нормативами гранично допустимого скиду (ГДС) забруднювальних речовин. Враховуючи обмежені очисні спроможності загальноміських очисних споруд, управління з експлуатації цих споруд (обл- і міськводоканали) встановлюють для підприємств ліміти скиду стічних вод за складом і кількістю. Встановлені ліміти мають забезпечувати нормативні умови скиду очищених на загальноміських очисних спорудах стічних вод у водний об’єкт.

4.6. Умови скиду стічних вод у водойми

Скид стічних вод у водойми є одним із видів водокористування і здійснюється відповідно до дозволу, який видають місцеві органи екологічної безпеки (районні та міські управління екології Міністерства охорони навколишнього середовища України). Після скиду стічних вод допускається деяке погіршення якості води у водоймах, однак це погіршення не повинно впливати на їх життєдіяльність і можливості подальшого використання водойми як джерела водопостачання, риборозведення, відпочинку.

Відведення стічних вод у водойми регламентується нормами гранично-допустимого скиду (ГДС) забруднювальних речовин. ***Гранично-допустимий скид*** (ГДС) – це маса речовини у зворотній воді, максимально допустима до відведення у певному пункті водного об'єкта за одиницю часу з метою забезпечення норм якості води в контрольному створі.

У разі скиду, пов'язаного з плановим ремонтом каналізаційних мереж і споруд підприємствами, що експлуатують комунальні системи каналізації, встановлюється тимчасово узгоджений природоохоронними органами (на період скиду) обсяг зворотних вод та їх концентрація (ТУС). ***Тимчасово узгоджений скид*** (ТУС) – маса речовин у зворотній воді, тимчасово допустима до відведення у водний об'єкт за умови поетапного досягнення ГДС.

Величина ГДС встановлюється для кожного випуску стічних вод у водойму і визначається за формулою [3]

$$\text{ГДС} = Q_{cm} C_{\text{ГДЗ}}, \qquad (4.1)$$

де Q_{cm} – максимальна витрата стічних вод, м^3/год;

$C_{\text{ГДЗ}}$ – гранично допустиме значення, г/м^3.

Дія нормативів якості води поширюється на таку акваторію: на проточних водоймах – на 1 км вище від найближчого за течією пункту водокористування (місце забору води для господарсько-питного водопостачання, для купання та організованого відпочинку, територія населеного пункту тощо); на непроточних водоймах – на 1 км з обох боків від місця водокористування.

Основою для розрахунку $C_{\text{ГДЗ}}$ є відповідні положення. Слід відзначити, що $C_{\text{ГДЗ}}$ розраховується для найгірших умов водокористування, останні характеризуються такими параметрами:

– розрахункова витрата водотоку відповідає максимальній середньомісячній витраті року 95%-ої забезпеченості для

незарегульованих водотоків або мінімальній гарантованій витраті – для зарегульованих;

– значення показника у фоновому створі (фонова концентрація) визначається за допомогою відповідних розрахунків як статистично обґрунтована верхня межа можливих середніх значень;

– норми якості води в контрольному створі мають виконуватися у найзабрудненішій частині потоку;

– ГДС встановлюється для визначення необхідного ступеня очищення стічних вод, які скидають у водойми за умови збереження нормативів екологічної безпеки водокористування;

– якщо фонова концентрація будь-яких показників не задовольняє нормам якості води, то $C_{ГДЗ}$ має забезпечуватися безпосередньо у стічній воді;

– розрахункова величина $C_{ГДЗ}$ не має перевищувати фактично досягнуту (проектну) величину концентрації;

– скид стічних вод у межах кордону населеного пункту допускається у виняткових випадках. В цьому разі екологічні норми якості води мають виконуватися в самих стічних водах;

– для міських стічних вод, після повного біологічного очищення, встановлено такі $C_{ГДЗ}$: $БСК_5$ – не більше 15 $гO_2/м^3$; ХСК – не більше 80 $гO_2/м^3$; завислих речовин – не більше 15 $г/м^3$; скид решти забруднювальних речовин нормується залежно від умов збереження досягнутої категорії якості води у водоймі;

– якщо скид стічних вод відбувається у межах кордону населеного пункту, але здійснюється через ефективний розсіювальний випуск, то ГДС має забезпечити збереження норм якості води у зоні початкового розведення розсіювального випуску;

– якщо кількість води у природній водоймі (природний фон) за окремими показниками перевищує ГДК, то величини ГДС мають забезпечувати збереження фонової концентрації складових у водоймі. Під час розрахунку ГДС необхідно враховувати тип водного об’єкта – приймача стічних вод. При цьому вихідними даними є: розрахункове значення фонової концентрації, кратність розведення стічних вод, яка відповідає найгіршим гідрогеологічним умовам; тип випускання стічних вод та місце його знаходження; фактична (проектна) концентрація забруднювальних речовин у стічній воді; затверджена максимальна витрата стічних вод за годину.

Нормативи якості води встановлені для водойми господарсько-питного і культурно-побутового водокористування та рибогосподарського призначення. Належність водойми до того або іншого виду водокористування визначають органи Державного санітарного нагляду з урахуванням перспектив використання водойм.

Згідно з методичним положенням «Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения» (СанПиН 4630-88) [18] величина $C_{\text{ГДЗ}}$ не має перевищувати фактично досягнуту (проектну) концентрацію ($C_{ст}$) нормованої речовини у скидних стічних водах

$$C_{\text{ГДЗ}} \le C_{ст}. \tag{4.2}$$

Виходячи з цього, можна записати

$$C_{\text{ГДЗ}} = \min(\text{ГДК}, C_{ст}).$$

Для речовин 1- і 2-го класів небезпечності норми якості будуть збережені у стічній воді тоді, коли виконуватиметься таке співвідношення

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{C^i_{\text{ГДЗ}}}{\text{ГДК}^i} = 1. \tag{4.3}$$

Очевидно, що для кожної речовини $C_{\text{ГДС}}$ становить частку своєї ГДК, тобто

$$C_{\text{ГДС}} = K^i \text{ГДК}^i, \tag{4.4}$$

де $K^i < 1$.

Обмеження (3.2) можна звести до такого виразу

$$K^i = \frac{C^i_{\text{ГДС}}}{\text{ГДК}^i} \le \frac{C^i_{ст}}{\text{ГДК}^i}. \tag{4.5}$$

З виразу (4.3) одержується, що $\sum K^i = 1$, якщо ця умова не заперечує співвідношення (4.5).

Отже, значення $C_{\text{ГДС}}$ визначається співвідношенням (4.4), в якому значення K^i задовольняє обмеження (4.5) і $\sum K^i = 1$. Із урахуванням цих обмежень величини K^i підбираються таким чином, щоб досягнення норм ГДС потребувало мінімальних витрат.

Заходи, спрямовані на запобігання забрудненню водойм стічними водами, стосуються і прибережних районів морів. Нормативи якості морської води, які необхідно забезпечити у разі скиду стічних вод,

поширюються як на райони водокористування у відведених межах, так і на акваторію на відстані 300 м вздовж цих меж. Оскільки море розглядається не як джерело водопостачання, а як лікувальний, оздоровчий, культурно-побутовий та гігієнічний фактор, правила і нормативи стосуються не моря, а лише його прибережних районів, що розташовуються в межах населених пунктів, будинків відпочинку, санаторіїв, туристичних баз тощо.

Нормативи якості води водойм господарсько-питного і культурно-побутового водокористування мають задовольняти певні вимоги. У воді водойми (після змішування зі стічною водою), відібраній до 12 години дня, кількість розчиненого кисню має бути не меншою за 4 мг/дм^3 у будь-який період року. Повне біохімічне споживання кисню за 20ºС становить близько 3 мгO_2/дм^3.

Вміст завислих речовин після скиду стічних вод не має збільшуватися більше ніж на 0,25 мг/дм^3; вода – не мати запахів і присмаків інтенсивністю понад 2 бали, а для морів – 3 бали; не змінювати забарвлення у стовпчику води заввишки 20 см; реакція води має бути в межах 6,5 < pH < 8,5; не містити отруйних речовин у концентраціях, які б могли прямо або опосередковано вплинути на здоров'я населення. Крім того, у стічних водах не повинні міститися мінеральні мастила та інші речовини у кількостях, здатних утворювати на поверхні водойми плівки, плями та скупчення, а також збудники хвороб.

Способи знезараження біологічно очищених стічних вод мають забезпечувати колі-індекс не більше ніж 1000, за вмістом залишкового хлору не менше ніж 1,5 мг/дм^3. Мінеральний склад води не має перевищувати згідно з нормами щільного залишку 1000 мг/дм^3, у тому числі хлоридів 350, сульфатів 500 мг/дм^3. Температура води у водоймі після скиду стічних вод не має підвищуватися влітку більше ніж на 3ºС порівняно із середньомісячною температурою води найспекотнішого місяця за останні 10 років [3].

Контрольні питання

1. Класифікація стічних вод.
2. Основні елементи каналізації населеного пункту.
3. Основні схеми каналізаційних мереж.
4. Системи водовідведення.
5. Які умови необхідно враховувати при влаштуванні систем водовідведення?
6. Склад систем загальноміських очисних споруд.
7. Які забруднювальні речовини забороняється скидати у міські системи водовідведення?
8. Гранично-допустимий скид, спосіб його розрахунку.

Розділ 5. Норми та режим водовідведення

5.1. Визначення розрахункових витрат стічних вод

Для визначення витрат стічних вод необхідні відомості про чисельність населення та дані про підприємства.

Розрахункова кількість мешканців N визначається в залежності від густоти населення даного району (кварталу)

$$N = P \cdot F, \tag{5.1}$$

де F – територія району (кварталу), що каналізується, га;

P – число мешканців, які проживають на 1 га площі району (кварталу) – густота населення, чол./га.

Густота населення в містах та селищах міського типу коливається в залежності від поверховості забудов від 50 до 700 чоловік на 1 га площі.

Нормою водовідведення називаються витрати стічних вод, л/д, на одного мешканця, який користується каналізацією, або кількість стічних вод, м^3, на одиницю продукції, яку випускають підприємства. Норма водовідведення для населених пунктів дорівнює нормі водоспоживання (125-250 л/д) і залежить від ступеня благоустрою житла, кліматичних умов, місцевих традицій та інших чинників, що обґрунтовуються розробниками проекту (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Норми водовідведення від районів житлової забудови [6, 12]

№ п/п	Ступінь благоустрою районів житлової забудови	Середньодобова (за рік) норма водовідведення на одного мешканця, q_w, л/д
1	Забудова будинками, обладнаними внутрішнім водопроводом і каналізацією без ванн	125-160
2	Забудова будинками, обладнаними внутрішнім водопроводом, каналізацією і ваннами з місцевими водонагрівачами	160-230
3	Забудова будинками, обладнаними внутрішнім водопроводом, каналізацією та системою центрального гарячого водопостачання	230-350

Витрати побутових стічних вод залежать від норми водовідведення та числа мешканців, які користуються каналізацією; витрати виробничих стічних вод – від норми водовідведення виробничих вод та кількості продукції.

При визначенні норм водовідведення промислових стоків користуються даними технологів, а при визначенні норм водовідведення від окремих будинків та будівель спеціального призначення – нормами проектування внутрішнього водопроводу та каналізації. Відведення побутових стічних вод від промислових підприємств враховується окремо за табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Норми водовідведення побутових стічних вод промислових підприємств [6, 12]

№ п/п	Види цехів	Норми водовідведення на одного працюючого за зміну, л	Коефіцієнт погодинної нерівномірності водовідведення $K_{год}$
1	В цехах із значними тепловиділеннями (більше 23,2 Вт/м^3·год)	45	3
2	В інших цехах (холодних)	25	2,5

Стічні води надходять до каналізаційної мережі нерівномірно як в окремі дні, так і в окремі години доби. Нерівномірність їх надходження характеризується ступеневим графіком, аналогічним відповідному графіку водоспоживання.

Розрахункові погодинні та секундні витрати води визначаються за загальним коефіцієнтом нерівномірності припливу стічних вод $K_{год.\max}$, який залежить від середніх витрат побутових стічних вод (табл. 5.3).

Таблиця 5.3 – Залежність коефіцієнта нерівномірності припливу стічних вод $K_{год.\max}$ від середніх витрат побутових стічних вод Q_{mid} [14]

Q_{mid}, л/с	5	10	20	50	100	300	500	1000	5000
$K_{год.\max}$	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,55	1,5	1,47	1,44
$K_{год.\min}$	0,38	0,45	0,5	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69	0,71

5.2. Витрати стічних вод від населення міста

Середньодобова витрата стічних вод від населення міст обчислюється за формулою [6]

$$Q_{доб.\text{mid}} = \frac{N \cdot q_w}{10^3}, \qquad (5.2)$$

де $Q_{доб.\text{mid}}$ – середньодобова витрата стічних вод від населення міста, м^3/д;

q_w – питоме водовідведення, л/д на 1 людину (табл. 5.1).

Середня секундна витрата стічних вод дорівнює

$$Q_{c.\text{mid}} = \frac{N \cdot q_w}{24 \cdot 60 \cdot 60}, \qquad (5.3)$$

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

5.3. Витрати стічних вод від промислових підприємств

Витрати стічних вод від промислових підприємств складаються з витрат побутових стічних вод, стічних вод від душових і витрат виробничих стічних вод.

– ***Визначення витрат побутових стічних вод від підприємств***.

Середньодобова витрата побутових стічних вод встановлюється за формулою [6]

$$Q_{доб.\text{mid}} = \frac{45 \cdot n_г + 25 \cdot n_x}{10^3}, \qquad (5.4)$$

де $Q_{доб.\text{mid}}$ – середня добова витрата побутових стічних вод від підприємства, м^3/д;

$n_г$ і n_x – відповідно кількість працюючих на підприємстві в гарячих і холодних цехах;

45 і 25 – відповідно норми водовідведення на 1 робітника в гарячих і холодних цехах.

Максимальна погодинна витрата стічних вод дорівнює

$$Q_{год.\max} = \frac{45 \cdot n_г \cdot K_г + 25 \cdot n_x \cdot K_x}{t_{зм} \cdot 10^3}, \quad (5.5)$$

де $Q_{год.\max}$ – максимальна погодинна витрата побутових стічних вод, м^3/год;

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

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

Розрахункова секундна витрата стічних вод дорівнює

$$Q_{с.\max} = \frac{45 \cdot n_г \cdot K_г + 25 \cdot n_x \cdot K_x}{t_{зм} \cdot 60 \cdot 60}, \quad (5.6)$$

де $Q_{с.\max}$ – максимальна секундна витрата побутових стічних вод, л/с.

– ***Визначення витрат стічних вод від душових на підприємствах***.

Максимальна витрата стічних вод від душових на підприємстві за зміну береться рівною максимальній погодинній витраті води на душ і визначається за формулою [6]

$$Q_{год.\max} = \frac{Q_{зм}}{0{,}75}, \quad (5.7)$$

де $Q_{зм} = (0{,}06 \cdot n_г + 0{,}04 \cdot n_x)$ – об'єми води на душ за зміну у гарячих і холодних цехах, м^3.

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

Максимальна секундна витрата води визначається за формулою (3.7).

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

$$Q_{зм.\max} = \frac{q_д \cdot m_q \cdot 45}{60 \cdot 1000}, \quad (5.8)$$

де $Q_{зм.\max}$ – максимальна витрата стічних вод від душових за зміну, м^3/зміну;

$q_д$ – витрата води через одну душову сітку, л/год, ($q_д$=500 л/год);

m_q – кількість душових сіток залежить від кількості робітників, які користуються душем в максимальну зміну (табл. 3.5).

– ***Визначення витрат виробничих стічних вод на підприємствах***.

Середня добова витрата стічних вод від технологічних процесів визначається за формулою [6]

$$Q_{доб.\text{mid}} = П \cdot q_{пит}, \tag{5.9}$$

де $Q_{доб.\text{mid}}$ – середня добова витрата стічних вод від технологічних процесів, м^3/д;

$П$ – добова продукція підприємства;

$q_{пит}$ – питоме водовідведення на одиницю продукції, м^3.

За відсутності даних про витрати води на виробничі потреби окремими змінами витрати виробничих стічних вод беруться однаковими впродовж усього часу роботи підприємства.

Максимальна погодинна витрата стічних вод при цьому дорівнює

$$Q_{год.\max} = \frac{Q_{доб.\text{mid}}}{t}, \tag{5.10}$$

де $Q_{год.\max}$ – найбільша погодинна витрата води на виробничі потреби, м^3/год;

t – тривалість роботи підприємства в розрізі доби, год.

Максимальна секундна витрата води на виробничі потреби обчислюється за формулою (3.7).

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

$$Q_{с.\max} = \frac{П_{\max} \cdot q_{пит} \cdot K_{год.\max}}{t_{зм} \cdot 3{,}6}, \tag{5.11}$$

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

$П_{\max}$ – кількість одиниць продукції, що випускається у максимальну зміну.

5.3.1. Норми водовідведення для підприємств цукрової промисловості

Індивідуальна норма водовідведення визначає кількість стічних вод встановленого складу, що відводяться від виробництва, які утворюються при переробці одиниці сировини (виробництві одиниці продукції).

Індивідуальна норма водовідведення на одиницю сировини (продукції) розраховується по операціях, агрегатах технологічного процесу виготовлення продукції по напрямах використання води і ступеня забруднення стічних вод, що відводяться від виробництва.

Для підприємств цукрової промисловості при визначенні норми водовідведення слід враховувати кількість води, що входить до складу сировини (буряку) [16]

$$Q_{ін.від} = Q_{ін.в} + Q_{б} - Q_{без}, \tag{5.12}$$

де $Q_{ін.в}$ – індивідуальна норма споживання свіжої води, м^3/год;

$Q_{б}$ – кількість води, що входить до складу буряку (75% до маси буряку);

$Q_{без}$ – норматив безповоротного споживання і втрат води у виробництві одиниці продукції, що визначається за формулою теплового і водного балансів, м^3/год.

Індивідуальна норма водовідведення на одиницю сировини (продукції) ($Q_{ін.від}$) є сумою індивідуальної технологічної норми водовідведення ($Q^{m}_{ін.від}$), індивідуальної норми водовідведення у допоміжному і підсобному виробництвах ($Q^{д}_{ін.від}$) та індивідуальної норми водовідведення при використанні води на господарсько-питні потреби ($Q^{n}_{ін.від}$)

$$\begin{aligned} Q_{ін.від} &= Q^{m}_{ін.від} + Q^{д}_{ін.від} - Q^{n}_{ін.від} = \\ &= Q^{m}_{ін.від} - Q_{m} + Q^{д}_{ін.від} - Q_{д} + Q^{n}_{ін.від} - Q_{n} \end{aligned}, \tag{5.13}$$

де Q_{m} – технологічний норматив безповоротних втрат води у виробництві одиниці продукції, м^3/год;

$Q_{д}$ – норматив безповоротних втрат води у допоміжному та підсобному виробництвах, м^3/год;

Q_{n} – норматив безповоротних втрат води при використанні води на господарсько-питні потреби, м^3/год.

До втрат води належать: втрати внаслідок випаровування, винесення з вітром та ін. Орієнтовні величини безповоротного споживання і втрат води в цукровому виробництві наведені нижче:

– втрати води при зберіганні буряку – 0,005 м^3/т буряку;
– винесення з жомом – 0,333 м^3/т буряку;
– винесення з фільтраційним осадом – 0,07 м^3/т буряку;
– винесення з товарним продуктом – 0,0002 м^3/т буряку;
– винесення з мелясою – 0,0065 м^3/т буряку;
– втрати води на випаровування:

в технологічних апаратах – 0,0733 м^3/т буряку;

на градирні вод I категорії головного корпусу – 0,31 м^3/т буряку;

на градирні холодильної станції (при зберіганні цукру в силосах) – 0,011 м^3/т буряку;

на градирні вод I категорії ТЕЦ – 0,03 м^3/т буряку;

на градирні компресорної станції – 0,004 м^3/т буряку;

на відстійнику транспортерно-мийних вод – 0,01 м^3/т буряку;

в зворотній системі лаверних вод – 0,005 м^3/т буряку;

– втрати з транспортерно-мийним осадом – 0,01 м^3/т буряку;
– втрати води з парою, що гріється – 0,05 м^3/т буряку.

Для оперативного контролю за кількістю води, що відводиться, підприємствам встановлюються ліміти водовідведення. ***Ліміт водовідведення*** – це витрати стічних вод, що відводяться у водний об'єкт, виходячи з норм відведення стічних вод і складу водного об'єкта.

Ліміт водовідведення ($L_в$) без врахування складу водного об'єкта розраховується за формулою

$$L_в = L - \sum_{S=1}^{N}(Q_{без} + Q_{вт})K_н Q_S, \qquad (5.14)$$

де L – ліміт водоспоживання, м^3;

$Q_{без}$ – безповоротне споживання води на одиницю продукції, м^3/т;

$Q_{вт}$ – безповоротні втрати води при виробництві одиниці продукції, м^3/т;

$K_н$ – коефіцієнт нерівномірності споживання води;

Q_S – плановий випуск продукції (планова переробка сировини), т.

Ліміт водовідведення ($L_в$) може бути також розрахований за формулою

$$L_в = L(1-\alpha), \qquad (5.15)$$

де α – коефіцієнт, що характеризує втрати і безповоротне споживання води у виробництві, м^3.

При врахуванні складу водного об'єкта ліміт водовідведення ($L_в$) коректується в залежності від кількості, якості стічних вод та ступеня можливого змішання і розведення стічних вод з водою водного об'єкта на шляху від місця випуску стічних вод до розрахункового (контрольного) створу найближчих пунктів водокористування і якості води водойм та водотоків вище місця проектованого скиду стічних вод.

Ліміти водовідведення (як і водоспоживання) розраховуються підприємствами та узгоджуються (затверджуються) відповідними органами. Ліміти водовідведення (як і водоспоживання) можуть встановлюватися підприємствами на рік, місяць, добу.

5.3.2. Норми водовідведення для підприємств машинобудівельної промисловості

Норма водовідведення для підприємств машинобудівельної промисловості є різницею між водоспоживанням свіжої води та безповоротним водоспоживанням [17].

Водовідведення від виробничих потреб становить

$$Q_{від}^{в} = Q_{св}^{в} - Q_{без}, \qquad (5.16)$$

$Q_{без}$ – безповоротне водоспоживання на ділянках машинобудівельного виробництва, м^3/год.

Всього на виробничі потреби необхідно свіжої води

$$Q_{без} = Q_{мех} + Q_{п.ох.з} + Q_{п.інс} + Q_{лив} + Q_{п.стал} + Q_{п.комп} + Q_{т}. \qquad (5.17)$$

Всього водовідведення на машинобудівельному виробництві становить

$$Q_{від} = Q_{від}^{в} + Q_{св}^{госп}. \qquad (5.18)$$

Контрольні питання

1. Що називається нормою водовідведення?
2. З яких витрат складаються витрати стічних вод?
3. Розрахунок середньодобових та середніх секундних витрат стічних вод від населення міста.

4. Складові витрат стічних вод промислових підприємств.
5. Що називається індивідуальною нормою водовідведення?
6. Що розуміється під лімітом водовідведення?
7. Розрахунок витрат виробничих та побутових стічних вод на підприємстві.
8. Норми водовідведення в машинобудівельній галузі.

Розділ 6. Особливості систем водопостачання та водовідведення міста Одеса

6.1. Історія водопостачання та водовідведення

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

Риття колодязів в Одесі почалося одночасно з будівництвом порту. Головною «водопостачальною» вулицею міста тоді була не Водопровідна, а Балківська. У 1797 році там було вирито близько двадцяти колодязів – ґрунтові води залягали у Водяній Балці (звідси і назва вулиці) на порівняно невеликій глибині. Незабаром недалеко від моря були знайдені джерела прісної води, яка по спогадах сучасників була набагато краща за ту, яку добували мешканці з колодязів. Ці джерела – «фонтани» дали назву цілим районам міста – Великий Фонтан, Малий, Рашковський, Дерибасівський та ін.

В 20-ті роки 19-го століття одесити створили свої оригінальні конструкції для збору дощової води – так звані «цистерни». З даху по водостічних трубах вода потрапляла в підземні канали, які були створені з цеглини або керамічних труб, а по них стікала до резервуарів. На дні водостічних труб влаштовувалася насувна ланка, яка дозволяла скидати першу, найбільш брудну порцію дощової води. Перш ніж надійти в цистерну, вода проходила крізь фільтри, що складалися з гравію і деревного вугілля. Самі цистерни обкладалися твердим вапняком або бутовим каменем на вапняному розчині. Оштукатурювалися стіни спеціальним цементом. Вода з цистерн вважалася кращою за колодязну. Вона більше підходила для приготування їжі, а також для прання білизни.

У 40-х роках 19-го століття в Одесі функціонували вже 152 цистерни. Місткість деяких з них доходила до 500 м^3. Спорудження в дворах підземних резервуарів наклало відбиток на архітектуру: будівлі для полегшення збору води будувалися з похилими дахами. Але і цистерни при малій кількості атмосферних опадів, зазвичай, не спроможні були забезпечити водою зростаюче місто.

Поступово збільшувалася і кількість колодязів – в 1861 році їх було вже більше напівтисячі. Окрім Водяної Балки колодязі розташовувалися на розі Дерибасівської і Єкатерининської, на території Ришельєвського ліцею, в Колодязному провулку (нині провулок Віце-адмірала Жукова). Глибина колодязів коливалася від 6 до 40 м. Вода з колодязів розвозилася споживачам в бочках. Нелегко це було робити в негоду, коли місто утопало в бруді. Деякі спуски і вулиці, що проходили по балках, навесні і восени навіть перегороджувалися ланцюгами, оскільки проїзд по них був

небезпечний.

В середині 19-го століття в Одесі оселився таганрозький купець Тимофій Ковалевський, який узяв на себе місію будівництва першого одеського водопроводу: від джерела Великий Фонтан до центру міста. Це будівництво тривало три роки. 15 лютого 1853 року водопровід Ковалевського було введено в експлуатацію. Він складався з водозабірної галереї, яка «захоплювала» воду з джерела, насосної станції з паровими машинами і поршневими насосами, цегляної водонапірної колони і чавунного трубопроводу завдовжки 12 кілометрів, по якому вода надходила в металевий бак. Цей бак був встановлений на кам'яній каланчі на розі вулиць Старопортофранківської і Малої Арнаутської. Вода з напірного бака спочатку розвозилася по вулицях бочками, а потім в різних частинах міста було побудовано вісім кам'яних басейнів. З'явилися водоноси, які розносили воду відрами. З часом об'єм «фонтанської» води почав зменшуватися і до 1873-го року перший одеський водопровід остаточно припинив своє існування.

Цим же роком датується відкриття водоводу «Дністер-Одеса», який і по сьогодні забезпечує місто чистою питною водою. Таким чином в 1873 році було запущено водопровід з водоочисними спорудами в селі Біляївка продуктивністю 20 тис. $м^3$/д. В 60-ті роки XIX століття інженерами Домінікон і Головачовим було розроблено технічний проект водоводу «Дністер-Одеса», який в 1870 році був схвалений спеціальною комісією. Цей проект здійснила московська фірма «Швабер та Моор».

Дослідженнями було з'ясовано, що для водопроводу з Дністра найбільш підходило селище Маяки, яке розташовується в 30 верстах від Одеси. Вирішено було ставити водоприймач в тому місці, де утворилося природне «коліно» річки, де був відсутній прибій, що само по собі відстоювало воду, видаляло сміття, очищало річковий потік. Передбачалося для очищення води встановити фільтри. Дністровська вода тоді за своїми якостями була однією з найчистіших в Європі.

Одесько-дністровський водовід являв собою один з унікальніших і складних водопроводів Європи. Проект Швабера і Моора забезпечував водою і центр, і передмістя, і хутори, тоді як в Петербурзі, Києві і Харкові централізовано вода подавалася тільки в центр. Одеський проект також передбачав великий підйом води над рівнем моря, який передбачалося здійснити за допомогою технічних споруд.

Дністровський водопровід складався з комплексу споруд на Дністрі, водоводу Дністер-Одеса, резервуарів, насосної станції «Чума» і міської водопровідної мережі. Спорудження міської водопровідної мережі тривало і після пуску Дністровського водопроводу. Всього було прокладено 257 км вуличної мережі з чавунних труб на свинцевих стиках.

Водопровід дав потужний поштовх зростанню і розвитку міста, до 1888 року населення становило 330 тис. чоловік, і хоча загальний об'єм

води, що надходив, становив більше 20 тис. $м^3$/д, через мережі, що постійно розширювалися, падав її натиск. Часто вода не могла піднятися навіть на невелику висоту. Тому в 1890 році в чотирьох кілометрах від насосної станції «Дністер» на найбільш високій точці території була побудована додаткова насосна станція, якій дали назву «Гірська». Вона складалася з водонапірної колони заввишки 31 м, що підсилювало пропускну спроможність водопроводу і машинного відділення.

На самій станції «Дністер» також була проведена реконструкція – замінювалися котли, удосконалювалися машини, створювався ще один «повільний фільтр». Для поліпшення якості води, для підвищення ефективності роботи фільтрів замість старого способу промивання був введений новий ефективніший. З Англії доставили пересувні гідравлічні піскомийки, які приводилися в рух під дією струменя чистої води. Це нововведення підвищило швидкість очищення і якість води.

Як тільки водопровід став власністю міста, влада приступила до розширення водопостачання. Передбачалося удвічі (з 24 тис. до 48 тис. $м^3$/д) збільшити продуктивність системи водопостачання. Намічена в цьому проекті загальна схема водопостачання збереглася і до сьогодні. Було вирішено докорінно змінити існуючу тоді схему: водовод з Біляївки, що подавав воду безпосередньо до міської мережі, відключався і вода прямувала в запасні резервуари. Нова насосна станція повинна була забирати воду з резервуарів і спрямовувати в міську мережу. Устаткування і матеріали для реконструкції одеського водопроводу поставлялися з усіх кінців російської імперії та через кордон.

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

На початок першої світової війни населення Одеси досягло 630 тис. чол., а середньодобовий об'єм води, що надходив, становив 53 тис. $м^3$, що було абсолютно недостатньо. Назріла необхідність капітального ремонту водопроводу, спорудження третього водоводу від станції «Дністер» до міста, проте, війна і революція перешкодили здійсненню цих планів. Однак у другій половині 1922-го року водопровід працював вже без перебоїв. Паралельно налагоджувалося і виробництво водомірів, і з 1-го жовтня 1924-го року одеський водопровід перейшов на стягування плати за воду за свідченнями водомірів. Основні відновлювальні роботи вдалося завершити до 1926-го року. По числу будинків, приєднаних до водопровідної мережі (96%), Одеса була провідним містом колишнього СРСР. Протяжність вуличної водопровідної мережі у той час становила 490 км.

Наприкінці 30-х потреба Одеси у воді стала швидко наближатися до граничної потужності водопроводу. До цього часу вже були прокладені

нові водопровідні лінії в Лузановку і Люстдорф. Особливо напруженим ставало водопостачання міста в літні місяці: тільки в серпні 1930-го Одеса споживала більше 75 тис. м^3/д. Для поліпшення водопостачання міста було почато будівництво третього водоводу Дністер-Одеса, протяжністю 41 км. На тих його ділянках, де тиск не перевищував 4-х атмосфер, було вирішено використовувати залізобетонні напірні труби. Розширення і реконструкція водопроводу дозволили до червня 1941-го року довести подачу води в місто до 120 тис. м^3/д.

З другого дня Вітчизняної війни почалися нальоти німецької авіації на Одесу. Експлуатація водопроводу ускладнилася: вночі усі його об'єкти доводилося ретельно затемняти. Починаючи з 9 липня, ворожа артилерія, що розташувалася на березі Дністра біля села Паланка, почала систематичний обстріл станції «Дністер». З 22 липня почалися масовані нальоти ворожої авіації на місто, нерідко вони повторювалися по кілька разів в добу. У цих умовах подача води в місто не припинялася ні на годину. 11 серпня станція Дністер була зупинена, а її персонал виїхав до Одеси, але споруди станції не були підірвані. До цього моменту в місті вже було близько 80-ти свердловин. Були приведені в робочий стан і обладнані насосами шахтні колодязі на підприємствах, очищені старі цистерни в дворах. Альтернативне водопостачання насилу забезпечувало місто. Після окупації Одеси станція «Дністер» працювала нерегулярно. Інколи вона зовсім зупинялася. Водопровідна вода знову прийшла в Одесу лише у вересні 1944-го року.

Післявоєнна Одеса розросталася, з'являлися нові житлові масиви. У них прокладали кілометри водопровідних і каналізаційних труб. Змінилася і процедура очищення води. Система повільних фільтрів при всій своїй ефективності мала низку недоліків – взимку басейни покривалися кіркою льоду, а влітку видалення верхнього забрудненого шару перетворювалося на трудомістку процедуру. Тому в 70-ті було споруджено нову систему очищення води, так звані «швидкі фільтри». І станція «Дністер» перейшла на принципово нову схему водопідготовки. Вода з річки, проходячи через рибозахисні споруди, потрапляє в канал-відстійник. Його довжина перевищує декілька сотень метрів, вода проходить по ньому близько 10 годин, і за цей час на дно осідають різноманітні суспензії. Це перший, попередній, етап очищення води через «повільні фільтри». Потім вода надходить на «швидкі фільтри», де проходить повний комплекс очищення – відстоюється, обробляється реагентами-коагулянтами, потім проходить через фільтри і знезаражується сполуками хлору. Така система водопідготовки діє на Одеському водопроводі і до сьогодні.

Рішенням Одеської міської ради № 2038-XXIV цілісний майновий комплекс КП «Одесводоканал» було передано в оренду на 49 років Товариству з обмеженою відповідальністю «Інфокс». Це сталося 17-го грудня 2003 р. З першого січня 2004 року і станом на сьогоднішній день

надання послуг водокористування в Одеському регіоні здійснює «Інфоксводоканал». «Інфоксводоканал» складається з 10 структурних підрозділів, на яких працює понад 3000 осіб, обслуговує водопровідні мережі протяжністю 1657,7 км та каналізаційні мережі протяжністю 680,2 км.

Однією з головних умов при підписанні договору оренди був початок цілодобового водопостачання. Більше 130-ти років з моменту створення одеського водопроводу вода в місто подавалася за графіком – не більше 18 годин на добу. Передбачалося, що до кінця 2005-го року водопостачання в Одесі стане цілодобовим. Будівництво резервуарів чистої води, перекладання аварійних ділянок водопровідних мереж і оптимізація роботи насосних станцій дозволило зробити це на 8 місяців раніше запланованого терміну. Позитивно позначилося цілодобове водопостачання і на якості води. Річ у тому, що при водопостачанні «по графіку» в трубах застоюється так звана «залишкова вода», хімічні процеси, які при цьому відбуваються, негативно впливають на оболонку труби, що, і призводить до погіршення якості води. Цілодобова подача забезпечила проточність води в трубах, завдяки чому якість води в резервуарах на водоочисній станції «Дністер» стала повністю відповідати якості води в крані.

Ще одна важлива умова інвестиційного договору – зменшення втрат при водопостачанні. Втрати у водопровідних мережах становили 45%, коли почала працювати компанія «Інфокс» вони стали не перевищувати 38%. Останнім часом, у рамках програми Tasis робота низки підрозділів філії «Інфоксводоканал» по очищенню води – станції «Дністер» і Центральної хіміко-бактеріологічної лабораторії – перевірялася європейськими експертами, і була визнана абсолютно надійною. А це означає, що чиста вода цілодобово доступна усім мешканцям Одеси.

Стічні води проходять оброблення на двох станціях біологічного очищення («Північна» та «Південна»). Сьогодні підприємство постачає воду до Одеси і населені пункти, розташовані в радіусі 50 км від обласного центру. Компанія володіє 7 водоводами, перший з яких був прокладений в 1873 р., а будівництво останнього зупинилося у 1989-му, і відновилося в 2004 р. з приходом приватного інвестора. З 2004-го року вода споживачам подається цілодобово. Основним джерелом водопостачання є річка Дністер. Водозабір та очищення води відбувається на ВОС «Дністер», розташованої в м. Біляївка в 40 км від Одеси. Корисна продуктивність водоочисної станції «Дністер» становить 920 тис. $м^3$/д, фактична подача води – 480-550 тис. $м^3$/д. Річка Дністер є єдиним джерелом водопостачання для Південного регіону Одеської області, до якого входять такі міста, як Іллічівськ, Білгород-Дністровський, Біляївка, Овідіополь, Теплодар, Южний [19].

6.2. Характеристика системи водопідготовки питної води

«Інфоксводоканал» використовує у своїй роботі нову технологію знезараження питної води, що надходить з міського водопроводу. Система розроблена в Німеччині, закуплена «Інфоксводоканалом» в рамках реалізації «Програми розвитку і реформування системи водопостачання та водовідведення м. Одеси на 2006-2020 рр.». Нова система знезараження повністю автоматизована, прилади контролю постійно підтримують задану дозу розчину і здійснюють дозування, виконується постійний аналіз води і кількість хімікатів у ній. На сьогодні підприємство очищує і подає споживачам в середньому 450-550 тис. $м^3$/д води, яка відповідає вимогам державних стандартів. За висновком фахівців міжнародного проекту Tasis «Технічна допомога у плануванні менеджменту басейну Нижнього Дністра» очисні споруди експлуатуються компетентно. Технологічні процеси на цих спорудах адекватні і найбільш прийнятні в існуючих обставинах. У рамках проекту ЄС Tasis також оцінювалися режим і параметри очищення води. Експерти визнали, що використовувані ТОВ «Інфоксводоканал» технології дозволяють довести воду до стану питної.

Джерелом водопостачання є р. Дністер, що протікає в 40 км від м. Одеса. Вода з річки Дністр забирається в двох місцях та надходить на водоочисну станцію ВОС «Дністер».

Територія, по якій протікає р. Дністер і розташований її водозбірний басейн, густо населена, має розвинену промисловість і сільське господарство, діяльність яких негативно впливає на показники хімічного та мікробіологічного складу річкової води.

Для підвищення якості питної води, в першу чергу, необхідно створити надійний захист і охорону джерела водопостачання, що дозволить не тільки знизити матеріальні й енергетичні витрати на процес очищення води, а й одержати кінцевий результат – питну воду високої якості. В існуючих умовах це потребує організації и устрою 3-х поясів зон санітарної охорони (ЗСО) джерела питного водопостачання та підтримання у цих зонах відповідного суворого режиму функціонування.

Будівництво першого поясу ЗСО ВОС «Дністер» було завершено в 1999 р., та об’єкт рішенням Держкомісії введений в експлуатацію в 3-ому кварталі 2000 р. Зона першого поясу охоплює територію станції на відстань 500 м вверх и 300 м вниз за течією річки від водозабору. Умови, пропоновані до першого поясу ЗСО, дотримуються. Межі першої зони санітарної охорони ВОС «Дністер» обумовлені згідно вимог СНиП 2.04.02-84 [12].

В 1987 р. інститутом «Укрпівденділпрокомунбуд» був розроблений проект устрою ЗСО другого поясу. На вимогу Мінздраву України ЗСО повинні охоплювати весь басейн річки Дністер, тобто проблема має бути

вирішена на державному рівні, а оскільки річка є транскордонною і проходить через Молдову, ПМР, то й на міждержавному рівні.

Впровадження системи поглибленого моніторингу якості води в річці Дністер в місцях водозабору та вище за течією річки виконується в рамках міжнародної програми Tasis.

В 2007 р. в рамках проекту ЄС Tasis група міжнародних експертів організувала та провела 11 раундів інтеркалібрації (зовнішній міжлабораторний контроль якості роботи та результатів) серед провідних лабораторій Одеської області, контролюючих якість питної води та джерел водопостачання за хімічними показниками. П'ять разів проби води з Дністра досліджувалися в одній з кращих лабораторій Англії. Висновок був несподіваним для європейських експертів. Дністровська вода оказалась, не гірше, ніж в Дунаї або Рейні.

Підготовка питної води на ВОС «Дністер» здійснюється на двох площадках, так звані «стара» (3 блоки) та «нова» (2 блоки), які мають різний набор споруд (рис. 6.1).

На «старій» площадці забрана з річки вода через водоприймальний ківш і рибозахисний пристрій (РЗП) спрямовується в канал-відстійник – I ступінь очищення. З каналу-відстійника вода самопливом надходить до розподільчого каналу, звідки насосними станціями I-го підйому подається на три блоки контактних фільтрів – II ступінь очищення. Сюди ж надходять коагулянт і флокулянт. Після очищення вода знезаражується хлором и самопливом надходить у резервуари чистої води (РЧВ). Хлор вводиться в оброблювану воду у вигляді висококонцентрованого водного розчину, виготовленого в хлораторних. З РЧВ вода насосними станціями II-го підйому по трьох водоводах подається споживачам.

На «новій» площадці вода забирається з р. Дністер, надходить через водоприймальний ківш і рибозахисну споруду у канал, що підводить воду, а далі насосами станції I підйому подається на очищення: блок швидких фільтрів №4 та блок очисних споруд №5, що складається з горизонтальних відстійників і швидких піщаних фільтрів. Після очищення вода хлорується та надходить в РЧВ, далі насосами станції II підйому транспортується по мережах водоводів споживачам.

Блоки швидких фільтрів працюють за одноступінчастою схемою очищення – контактна коагуляція води в товщі фільтруючої загрузки. Блок №5 – за двоступінчастою схемою – об'ємна коагуляція у відстійниках та контактна коагуляція в товщі фільтруючої загрузки. Всього на станції в роботі є 69 фільтрів, для завантаження яких використовується кварцовий пісок.

Подавана з ВОС «Дністер» питна вода за всіма показниками відповідає вимогам діючих нормативів.

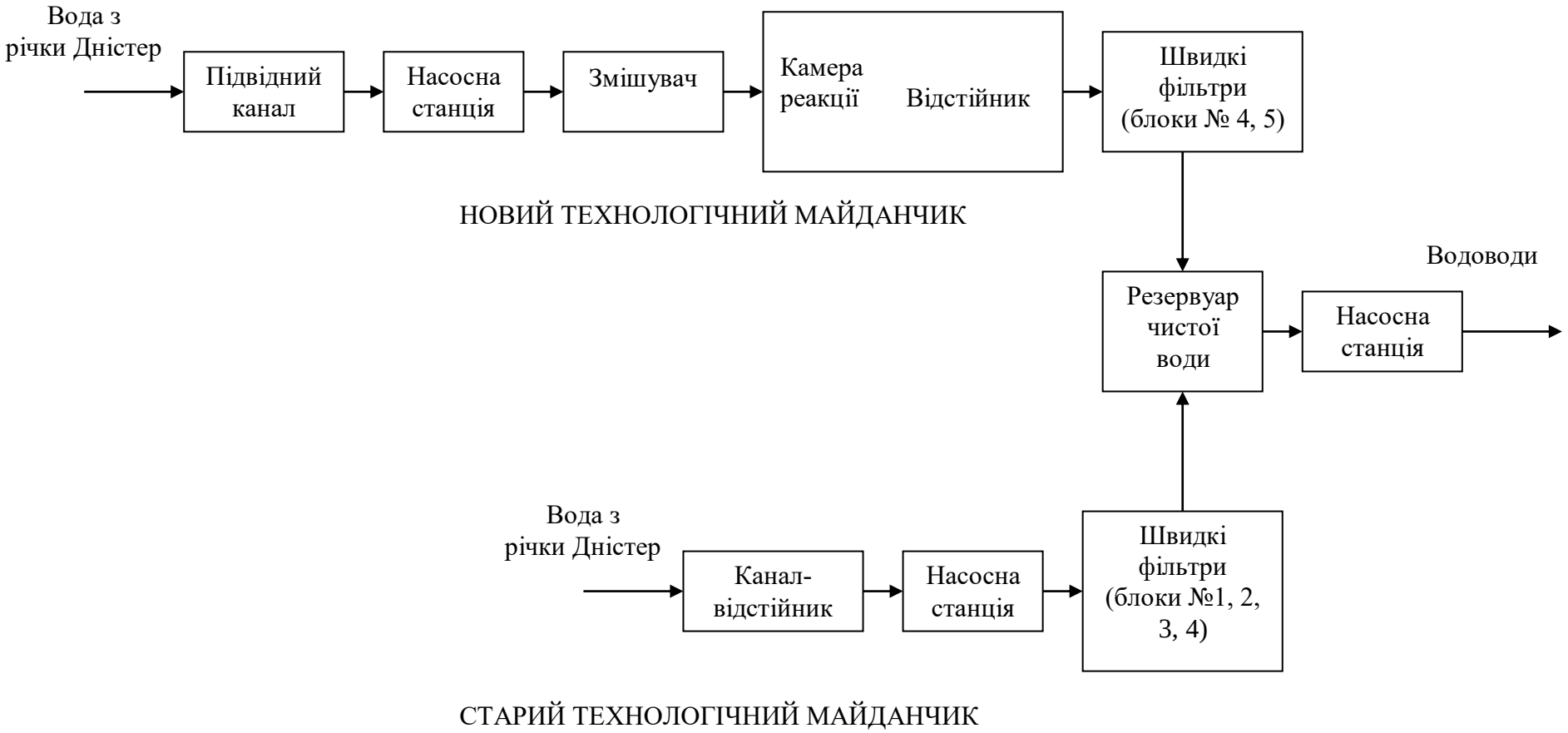

Рис. 6.1 – Принципова технологічна схема водоочисної станції «Дністер» [20]

Контроль якості водопровідної води здійснює центральна хіміко-бактеріологічна лабораторія філії «Інфоксводоканал». Дослідження виконуються за 60-ма показниками. Безпека питної води в мікробіологічному відношенні визначається показниками, що з достатньо високою ймовірністю характеризують відсутність у ній шкідливих для здоров'я людей біологічних включень. Дослідження хімічного складу питної води дозволяють визначати безпеку води за токсичними, канцерогенними та мутагенними речовинами органічного та неорганічного походження.

Лабораторія обладнана сучасними приборами та обладнанням вітчизняних та зарубіжних виробників (фірма Shimadzu): фотометрами, ІК- та УФ-спектрофотометрами, атомно-абсорбційними спектрофотометрами, аналізатором вуглецю, газовими та рідинними хроматографами.

Для дослідження хімічного складу води використовуються сучасні високочутливі методи аналізу, що дозволяють надійно визначати нормовані показники якості води на рівні, значно нижчому за гігієнічні нормативи: фотометричний, екстракційнно-фотометричний, атомно-абсорбційний із полум'яним і електротермічним атомизаторами, люмінесцентний, спектрофотометрії в ультрафіолетовій, видимій й інфрачервоній області спектру, газовій і рідинній хроматографії.

В квітні 2008 р. після реконструкції розпочала свою роботу й мікробіологічна лабораторія філії «Інфоксводоканал» [21].

6.3. Характеристика системи очищення стічних вод

У м. Одеса відведення стічних вод комунального господарства і поверхневих стічних вод з міської території здійснюється комбінованим способом за децентралізованою схемою. Місто поділене на 3 басейни водовідведення: Північний, Південний і житловий район Котовського. Водовідведення у кожному з цих районів здійснюється відокремлено і різними способами. У Північному районі відведення побутових, виробничих і поверхневих стічних вод здійснюється загальносплавним способом, у Південному районі – повним роздільним, у житловому районі Котовського – неповним роздільним.

Децентралізована схема водовідведення м. Одеса складається з 3-х самостійних водовідвідних мереж Північного району, Південного району і житлового району Котовського, а також з 2-х самостійних станцій біологічного очищення (СБО) «Північна» і «Південна». На СБО «Північна» очищенню піддаються побутово-виробничі стічні води Північного району і житлового району Котовського та більша частина поверхневих стічних вод Північного району. На СБО «Південна» очищення проходять побутово-виробничі стічні води Південного району.

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

Приймання поверхневих стічних вод у закриті водостоки здійснюється через дощоприймачі, переважна більшість яких у Північному і Південному районах не мають відстійної частини і не обладнані пристроями для затримання плаваючого сміття. Тому все, що проходить через грати дощоприймачів, потрапляє в трубопроводи відведення поверхневих стічних вод і у водні об'єкти, засмічуючи їх і спричиняючи в них процеси гниття. Осідаючи в дощоприймачах, сміття накопичується і сповзає з дощоприймачів у відвідні трубопроводи, зменшуючи їх перерізи і відповідно пропускну здатність.

Внаслідок цього пропускна здатність трубопроводів відведення поверхневих стічних вод стала мінімальною, і навіть за дощів середньої інтенсивності поверхневі стічні води стікають настільки повільно, що їх більша частина потрапляє у водні об'єкти по рельєфу, обминаючи мережу водовідведення. Стікають у водні об'єкти неочищені поверхневі стічні води по рельєфу через те, що у вертикальному плануванні забудованих територій прилеглих до водних об'єктів, як правило, не передбачені спеціальні конструктивні елементи (парапети, бордюри, кювети і т.п.), які б не допускали надходження поверхневих стічних вод у море по рельєфу, а спрямовували їх у закриті водостоки.

Існуючими елементами відведення поверхневих стічних вод неможливо не допустити надходження у море і лимани неочищених поверхневих стічних та забруднених ґрунтових вод. Таким чином, відведення зазначених скидних вод у м. Одеса є некерованим і неконтрольованим. Найбільш поширені аварійні ситуації, коли поверхневими стічними водами стають стічні води комунального господарства, що найчастіше спричиняється відмовами на окремих ділянках трубопроводів.

За матеріалами «УкркомунНДІпроекту», об'єм стічних вод комунального господарства, що в аварійних ситуаціях потрапляє на денну поверхню та без очищення надходить у водні об'єкти, становить близько 2%. Річний об'єм стічних вод комунального господарства по м. Одеса становить близько 170 млн $м^3$, тобто впродовж року аварійними побутово-виробничими стічними водами стають 3,4 млн $м^3$/рік, або 9315 $м^3$/д. Надходження побутових стічних вод у водні об'єкти відбувається через те, що робота мереж відведення побутових стічних вод в аварійних ситуаціях не підстраховується. Через надходження в аварійних ситуаціях побутових

стічних вод у водні об’єкти останні в межах населеного пункту стають небезпечними в екологічному та санітарно-епідеміологічному відношенні. Це має місце при відведенні у водні об’єкти поверхневих стічних вод мережею труб і каналів та при надходженні поверхневих стічних вод у водні об’єкти по рельєфу.

Однією з визначальних умов екологічно безпечного водовідведення у населеному пункті стосовно поверхневих водних об’єктів є забезпечення постійної роботи очисних біологічних комплексів у відповідності до проектних показників. Очисні біокомплекси працюють надійно і стабільно, якщо не порушуються проектні умови щодо складу стічних вод, які надходять на очищення. Існуючі на СБО «Північна» і СБО «Південна» схеми прийняття на очищення стічних вод не можуть відвертати надходження на аеротенки виробничих стічних вод, забруднених понад вимоги біологічного способу очищення. Для таких аварійних ситуацій заходів на станціях біологічного очищення не передбачено. Через порушення режимів роботи аеротенків від СБО «Північна» і СБО «Південна» у Чорне море скидаються недостатньо очищені стічні води. Відновлення роботи біологічних ланок станцій біологічного очищення може тривати декілька місяців. Таким чином, усі способи водовідведення, які набули поширення у м. Одеса, є екологічно небезпечними стосовно поверхневих водних об’єктів. Від усіх районів міста існуючими мережами відведення стічних вод неможливо відвернути надходження у море неочищених стічних вод як у штатних умовах, так і в аварійних ситуаціях.

Для впровадження екологічно безпечного відведення стічних вод комунального господарства і поверхневих стічних вод з міської території було розроблено рішення щодо удосконалення процесів комбінованого водовідведення у м. Одеса у напрямі перетворення його в екологічно безпечну систему водовідведення стосовно водних об’єктів. Перебудову існуючих елементів водовідведення в місті передбачено у відповідності до принципів організації водовідведення у населених пунктах країн ЄС [22].

На сучасних спорудах очищення каналізаційних стоків повинен здійснюватися етап біологічного очищення для освітлення вод від мінеральних та органічних забруднювальних речовин, які перебувають в завислому, колоїдному і розчиненому стані. Технологічна схема таких очисних споруд наведена нижче (рис. 6.2).

Процес біологічного очищення забруднювальних речовин ведеться в аеротенках. В них відбувається безпосередній контакт стічних вод з організмами активного мулу за наявності відповідної кількості розчиненого кисню і подальшим відділенням активного мулу від очищеної води у відстійниках. Активний мул – штучно вирощуваний біоценоз, населений бактеріями, найпростішими і багатоклітинними тваринами, які трансформують забруднювальні речовини та очищують стічні води в результаті біосорбції, біохімічного окислення. Насичення киснем

відбувається шляхом барборації стоків киснем, що подається через мережу перфорованих труб на дні аеротенків.

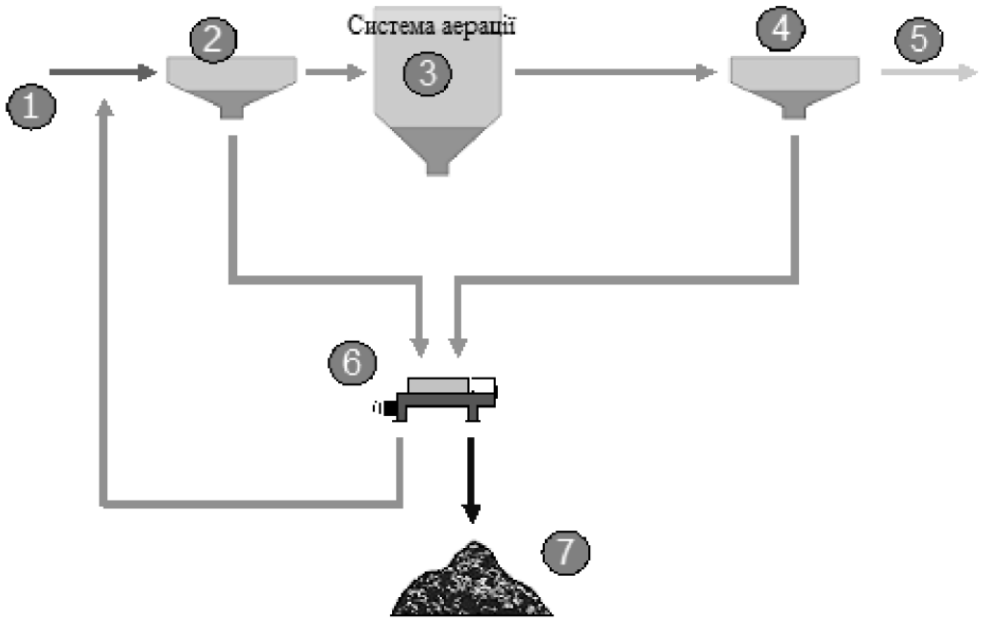

Рис. 6.2 – Технологічна схема очисних споруд «Південна» та «Північна» після впровадження проекту (реконструкції системи аерації) [23]

Умовні позначення: 1 – надходження стічних вод; 2 – первинні відстійники; 3 – аеротенки; 4 – вторинні відстійники; 5 – вихід очищеної води в море; 6 – механічне обезводнення сирого осаду або активного мулу; 7 – надходження обезводненого осаду на мулові поля.

Найбільш важливими факторами, що впливають на розвиток та життєздатність активного мулу, а також якість біологічного очищення, є: температура, наявність поживних речовин, вміст розчиненого кисню в муловій суміші, значення pH, наявність токсинів. Роль активного мулу полягає в проведенні біологічного окислення органіки в стічних водах до найпростіших сполук і процесу сорбції.

Втрати на тертя можуть бути суттєвою складовою енерговитрат на аерацію. Це може відбуватися при кольматації (забиванні) диспергаторів повітря аераційних систем, коли вони працюють більше терміну експлуатації, або в них подається невідфільтроване запилене повітря.

Проектом передбачається заміна та реконструкція аеротенків. Аеротенки планується переобладнати новою системою розподілу повітря. На очисній станції «Північна» передбачається заміна 4 аераторів, запроектованих згідно індивідуального проекту (ТОВ «Комунстрой», Одеса), а також повна заміна системи аерації, що включає впровадження

циклічного завантаження (подача необхідної кількості повітря). Регулювання подачі повітря в аеротенках буде здійснюватись за рахунок спеціального обладнання:

– нагнітачів об’ємної дії з перетворювачами частотного струму;

– відцентрових повітродувок, обладнаних спеціальним регульованим напрямним апаратом на вході.

Проектом також передбачається реконструкція метантенків на очисній станції «Північна» та їх впровадження на очисній станції «Південна».

Частина осаду із вторинного відстійника повинна відкачуватися на метантенки. Тут в результаті анаеробного розкладання утворюється біогаз, що містить до 70% метану. Його використовуватимуть на когенераційних модулях. Проте 2 метантенки об’ємом 9000 м^3 (ТП 902-5-30.86), що розташовуються на очисній станції «Північна» потребують реставрації, а також впровадження 2 нових метантенків (об’ємом 8000 м^3 кожен). Очисна станція «Південна» потребує повного впровадження цих споруд (метантенків), тому на цій станції будуть побудовані 2 нових метантенки об’ємом 8000 м^3 кожен.

Суміш первинного і залишкового активного мулу буде зброджуватися в метантенках (8) (рис. 6.3). Оцінююча кількість біогазу, який буде вироблятися в 6 метантенках двох станцій («Північна», Південна»), буде становити, близько, 7 млн м^3/рік.

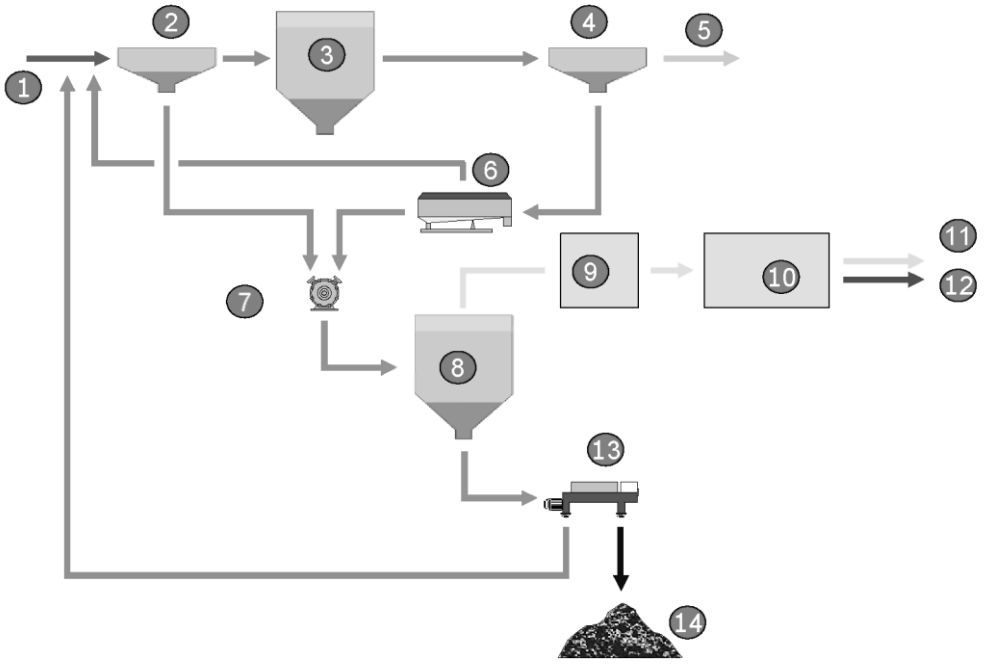

Рис. 6.3 – Технологічна схема очисних станцій «Північна» та «Південна» після впровадження проекту [23]

Умовні позначення: 1 – надходження стічних вод; 2 – первинні відстійники; 3 – біологічне очищення (аерація); 4 – вторинні відстійники; 5 – вихід очищеної води; 6 – ущільнення активного мулу; 7 – нагрівання суміші первинного і залишкового активного мулу; 8 – метантенки; 9 – газгольдери; 10 – когенераційна установка; 11 – вихід електроенергії; 12 – вихід тепла; 13 – зневоднення суміші мулу, що перебродила; 14 – надходження зневодненого мулу на мулові поля.

До стадії анаеробного зброджування в метантенках залишковий активний мул із аеротенків повинен ущільнюватися. Залишковий активний мул обробляється в установці ущільнення мулу. Залишки води від залишкового мулу будуть перекачані назад до входу у первинний відстійник (2) (рис. 6.3).

Метантенки розраховані таким чином, щоб підтримувати температуру процесу близько 37ºС, яка є оптимальною температурою для мезофільного процесу зброджування. Це вимагає нагрівання суміші первинного та залишкового активного мулу. Нагрівання виконуватимуть теплообмінники (7) (рис. 6.3), використовуючи тепло, яке вироблятиметься когенераційною установкою.

Проектом передбачається:

– Застосування методу торкретування конструкцій метантенків, з подальшим нанесенням ущільнювачів на каучуковій або поліуретановій основі;

– Установка механічного зневоднення. Для механічного зневоднення мулу із метантенків необхідно використання сучасного устаткування для зневоднення. Зневоднений мул буде вивантажуватися на мулові поля;

– Установка ущільнення залишкового активного мулу. До стадії зброджування в метантенках залишковий активний мул із аеротенків повинен бути ущільненим. Залишковий активний мул обробляється в установці ущільнення мулу.

Очікується, що впровадження сучасної схеми очищення міських стоків, утилізації відходів від стічних вод шляхом реконструкції метантенків на очисній станції «Північна» та будівництво біогазового комплексу на очисній станції «Південна» в м. Одеса дозволить знизити викиди парникових газів та сприятиме сталому екологічному розвитку міста.

Контрольні питання

1. Яким чином змінюються технології водопостачання м. Одеса?
2. Хто вважається засновником першого одеського водопроводу?
3. Особливості водопроводу «Дністер-Одеса», запроектованого

фірмою «Швабер та Моор» в середині XIX століття.

4. Надайте коротку технологічну характеристику сучасного одеського водопроводу.
5. Система водопідготовки питної води на ВОС «Дністер».
6. Система очищення стічних вод, діюча в м. Одеса.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

Основна:

1. Левківський С.С., Падун М.М. Раціональне використання і охорона водних ресурсів: Підручник. – К.: Либідь, 2006. – 280 с.
2. Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення. Гідроекологічні аспекти. – ВЦ: «Київський університет», 1999. – 319 с.
3. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник. – К.: Вища школа, 2005. – 671 с.
4. Паламарчук М.М., Закорчевна Н.Б. Водний фонд України: Довідковий посібник. – К.: Ніка-Центр, 2006. – 320 с.
5. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2007 році. – Київ, 2008.
6. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація: Підручник. – «Кондор», 2009. – 288 с.
7. Айрапетян Т.С. Особливості водопостачання і водовідведення промислових підприємств: Конспект лекцій. – Харків: ХНАМГ, 2007. – 70 с.
8. Козловская С.Б., Ковалева Е.А. Водоотведение: Конспект лекций. – Харьков: ХНАГХ, 2007. – 98 с.

Додаткова:

9. Водний Кодекс України із змінами і доповненнями, внесеними Законом України від 21 вересня 2000 р. – Київ, 2000.
10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: ДСанПіН 2.2.4-171-10. – [Чинний від 2010-07-01]. – Київ, 2010.
11. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством: ГОСТ 2874-82. – [Чинний від 1983-01-01]. – М.: Издательство стандартов, 1985.
12. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения: СНиП 2.04.02-84. – [Чинний від 2000-03-23]. – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.
13. Внутренний водопровод и канализация зданий: СНиП 2.04.01-85. – [Чинний від 1994-12-29]. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 56 с.
14. Канализация. Наружные сети и сооружения: СНиП 2.04.03-85. – [Чинний від 2000-03-23]. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 72 с.
15. Койчев А.И., Фиров А.Д. Расчет водопотребления по Килийскому производственному управлению жилищно-коммунального хозяйства. – 1993. – 14 с.
16. Пархомцом А.П., Сергиенко В.И. Краткие методические указания по разработке норм и нормативов водопотребления и водоотведения для предприятий сахарной промышленности. – Киев, 1983. – 70 с.

17.Григорчук С.Д. Расчет водопотребления и водоотведения по Измаильскому заводу РТО г. Измаил. – 1993. – 10 с.

18.Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения: СанПиН 4630-88. – [Чинний від 1988-07-04]. – Москва, 1989.

19.Вода для Одессы: от колодцев до «Инфоксводоканала» [Електронний ресурс] / Е. Милова. – http://www.infox.ua/projects/infoxvodokanal/water-for-odessa/.

20.Сафранов Т.А., Гусєва К.Д., Поліщук А.А., Гольцов В.І., Шаніна Т.П., Бояринцев Є.Л. Якість джерела централізованого водопостачання Одеської промислово-міської агломерації // Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2011. – Вип. 11. – С. 19-26.

21.Філія «Інфоксводоканал» ТОВ «Інфокс» [Електронний ресурс] / О.В. Леонов // Екологія, довкілля та природокористування в Україні. – С. 2-3. – www.businessukraine.net/i/fav/15146/doc15146.ua.pdf.

22.Дмитрієва О.О., Хоренжая І.В., Калашніков В.О., Ігнатенко Л.Г. Інноваційні рішення щодо захисту Північно-Західного узбережжя Чорного моря як унікального виду рекреаційних ресурсів України // Збірник наукових праць Севастопольського національного університету ядерної енергії та промисловості. – 2010. – Вип. 2 (34). – С. 103-108.

23.Проектна документація проекту спільного впровадження (СВ ПД). Версія 01 – діє з: 15 червня 2006 р. – 127 с.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

Басейн каналізування, 79
Витрата - води, 16
- добова, 53
- питома, 62
- погодинна, 52
- стічних вод, 91
Води - атмосферні, 76
- виробничі, 76
- зворотні, 11
- побутові, 76
- стічні, 11
Водні ресурси - відновлювальні, 14
Водозабезпеченість, 15
Водозабір - береговий, 35
- русловий, 35
Водокористування - господарсько-питне, 30
- загальне, 8
- культурно-побутове, 30
- необоротне, 9
- одноразове необоротне, 10
- повне, 9
- рибогосподарське, 30
- спеціальне, 8
Водокористувач - вторинний, 6
- первинний, 6
Водопровідна мережа - внутрішня, 39
- зовнішня, 39
Водоспоживач, 6
Втрати води - необоротні, 9

Гранично-допустима концентрація, 30
Гранично-допустимий скид, 91

Джерела водопостачання - підземні, 28
- поверхневі, 28

Забруднювальна речовина, 31

Каналізаційні мережі - виробничі, 79
- вуличні, 79
- дощові, 79

- побутові, 79
Коефіцієнт - добової нерівномірності, 52
- погодинної нерівномірності, 52
Колектор - 79

Ліміт - водовідведення, 101
- водоспоживання, 68
Лімітуюча ознака шкідливості - загальносанітарна, 30
- органолептична, 30
- рибогосподарська, 30
- санітарно-токсикологічна, 30
- токсикологічна, 30

Норма - витрат води, 56
- водовідведення, 95
- водоспоживання, 50
- індивідуальна, 63
Нормування якості води, 31

Очищення - біологічне, 87
- механічне, 85

Питоме - водовідведення, 97
- водоспоживання, 50
Поля - зрошення, 88
- фільтрації, 88

Рівень води - динамічний, 38
- статичний, 38

Система - водовідведення, 81
- двомережна неповна роздільна, 84
- загальносплавна, 82
- комбінована, 84
- неповна роздільна, 84
- повна роздільна, 83
- роздільна, 84
- водопостачання, 35
- виробнича, 44
- господарсько-питна, 44
- комбінована, 48
- оборотна, 48
- послідовна, 48

- протипожежна, 44
- прямотечійна, 46
Стічні води - атмосферні, 76
- недостатньо очищені, 23
- неочищені, 23
- нормативно-очищені, 23
- побутові, 76
Схема - водопровідної мережі - кільцева, 40
- тупикова, 40
- мереж водовідведення - зонна, 80
- паралельна, 80
- пересічена, 80
- перпендикулярна, 80
- радіальна, 80

Тимчасово-узгоджений скид, 91

Якість води, 30

Є. І. Колодеєв, М. В. Захарова

ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Навчальне видання

Колодєєв Євген Іванович,
Захарова Марина Володимирівна

ГІДРОЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Навчальний посібник

Підписано до друку Формат 60×84/16 Папір офсетний
Друк офсетний. Умовн. друк. арк.
Наклад 50 прим. Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

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