

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра екології

С. С. Душкін

КУРС ЛЕКЦІЙ

**«ВОДОПОСТАЧАННЯ, ВОДОВІДВЕДЕННЯ
І ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ»**

Харків
ХНАДУ
2025

УДК 628.1-3

ББК

Душкін С.С. Курс лекцій з дисципліни «Водопостачання, водовідведення і покращення якості води» / Душкін Станіслав Сергійович: Курс лекцій. Харків: ХНАДУ – 149 с.

Курс лекцій розроблено відповідно вимог освітньо-професійної програми «Екологія та охорона навколишнього середовища» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 101 Екологія під навчальне аудиторне навантаження 32 години (16 лекцій).

Зміст лекцій відповідає робочій програмі навчальної дисципліни ОК 34 «Водопостачання, водовідведення і покращення якості води» 2021 р.

Мова навчання – державна

Душкін С.С., 2025

ХНАДУ, 2025

ЗМІСТ

Лк1. Значення водних ресурсів і проблеми водозабезпечення.....	4
Лк2. Санітарно-екологічні вимоги до якості питної води.....	12
Лк3. Деякі аспекти проблеми вода і тероризм.....	18
Лк4. Джерела водопостачання.....	26
Лк5. Водозабірні споруди.....	38
Лк6. Системи і схеми водопостачання.....	51
Лк7. Водопровідні мережі.....	61
Лк8. Гідравлічний розрахунок водопровідної мережі.....	70
Лк9. Напори у водопровідних мережах.....	74
Лк10. Загальні відомості про стічні води та каналізацію.....	83
Лк11. Устрій та склад внутрішньої та зовнішньої каналізації.....	94
Лк12. Зовнішні системи водовідведення населеного пункту.....	102
Лк13. Очищення стічних вод.....	112
Лк.14. Обробка та знешкодження осаду стічних вод.....	122
Лк15. Відбір, консервування і зберігання проб для лабораторно-технологічного аналізу воду.....	133
Лк16. Організація контролю якості та властивостей води.....	141

Лекція №1

«Значення водних ресурсів і проблеми водозабезпечення»

План лекції

1. Значення водних ресурсів
2. Проблеми водозабезпечення

Вода – це основа життя на нашій планеті. Жоден живий організм не може існувати без води, а її унікальні властивості роблять можливим існування біологічних систем, кліматичних процесів і господарської діяльності людини. Однак, попри її життєво важливе значення, сьогодні людство стикається з численними викликами у сфері водозабезпечення.

На планеті понад 70% поверхні вкрито водою, але лише 2,5% – це прісна вода, більша частина якої недоступна для використання, оскільки знаходиться у льодовиках або підземних джерелах. Це створює серйозний дисбаланс між потребами населення і доступними ресурсами. Зміни клімату, забруднення, нераціональне використання та швидке зростання населення тільки загострюють проблему.

Вода забезпечує життя на Землі. Її фізико-хімічні властивості, зокрема здатність накопичувати тепло, розчиняти різноманітні речовини та брати участь у хімічних реакціях, є основою для функціонування біологічних і екосистемних процесів. Вона виконує ключову роль у регуляції клімату: вона переносить тепло через океанічні течії, утворює хмари, які дають опади, та забезпечує кругообіг вуглекислого газу. Водні ресурси підтримують біологічне різноманіття. Річки, озера, океани і болота є середовищем проживання мільярдів організмів, які формують складні екосистеми. Вода регулює кліматичний баланс, знижуючи температурні коливання і сприяючи підтриманню стабільних умов для існування життя. Таким чином, значення води виходить далеко за межі простого використання – це основа, на якій будується екологічна стабільність і економічний розвиток.

Вода, якщо використовувати її стабільно та справедливо, може бути джерелом миру та процвітання. Але, коли вода дефіцитна, забруднена або важкодоступна, продовольча безпека може бути підірвана, засоби до існування втрачені, і можуть виникнути конфлікти.

Приблизно половина населення світу зараз відчуває гостру нестачу води принаймні частину року. Одна чверть населення світу стикається з «надзвичайно високим» рівнем нестачі води, використовуючи понад 80% щорічного відновлюваного запасу прісної води. У країнах з низьким рівнем доходу погана якість навколишньої води в основному пояснюється низьким

рівнем очищення стічних вод, тоді як у країнах з вищим рівнем доходу найсерйознішу проблему становить стік із сільського господарства. У всьому світі зростає рекордна екстремальна кількість опадів, як і частота, тривалість та інтенсивність метеорологічної посухи. Прогнозується, що зміна клімату посилить глобальний кругообіг води та ще більше збільшить частоту та серйозність посух і повеней.

Розвинені системи управління водними ресурсами сприяють сталому розвитку та процвітанню, забезпечуючи надійне водопостачання та ефективний розподіл води між ключовими економічними секторами, зокрема сільським господарством, енергетикою, промисловістю, а також підприємствами й сферою послуг. Так само безпечні, доступні та добре функціонуючі системи водопостачання й санітарії є важливими чинниками процвітання суспільства.

Проте наслідки зміни клімату, геополітична нестабільність, пандемії, масова міграція, гіперінфляція та інші кризи можуть посилювати нерівність у доступі до води. У більшості випадків найбільше страждають найбільш вразливі й найуразливіші верстви населення, що наражає їх на ризик втрати добробуту та засобів до існування.

Згідно з даними ООН найбільшим споживачем прісної води є сільське господарство, промисловість в уже потім домогосподарства незалежно від розвиненості країн (рис. 1.1).

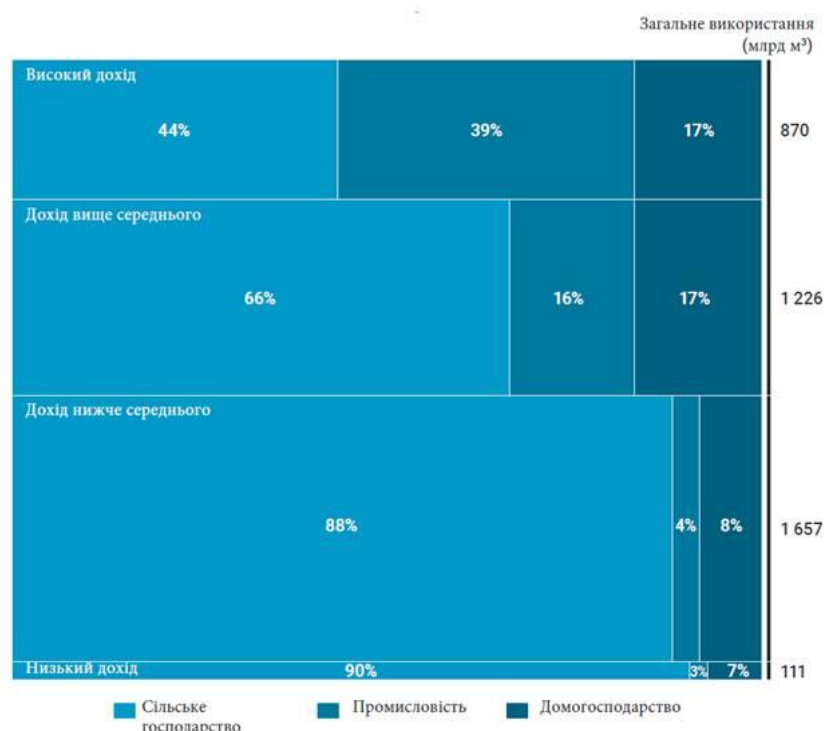


Рисунок 1.1 – Забір прісної води за групами споживачів в залежності від доходів

Сільське господарство

Сільськогосподарське виробництво критично залежить від доступу та наявності водних ресурсів. Це один із найбільш вразливих секторів до кліматичних ризиків, адже сільське господарство споживає близько 72% прісної води, що забирається у світі.

З 1961 року площі зрошуваних земель зросли більш ніж удвічі: з 139 мільйонів га до понад 328 мільйонів га станом на 2018 рік. При цьому близько 40% світового сільськогосподарського виробництва припадає на зрошені землі, які становлять лише приблизно 20% усіх сільськогосподарських угідь.

Кліматичні зміни, зокрема підвищення температури, нестабільність опадів та екстремальні погодні явища, впливають на водні ресурси, сприяють зростанню кількості шкідників і хвороб сільськогосподарських культур і худоби, а також підвищують частоту повеней і посух.

Зміна клімату має як прямий, так і опосередкований негативний вплив на сільськогосподарські культури. Безпосередньо це проявляється у втраті врожаю, а опосередковано – у поширенні шкідників, хвороб і недостатньому водопостачанні.

Промисловість

Промисловість має складну взаємодію з водними ресурсами, оскільки водоспоживання і забруднення прісної води значно впливають на екосистеми, а водночас і сама промисловість залежить від доступу до води. Дефіцит, якість і доступність води створюють серйозні ризики для функціонування підприємств. Наприклад, майже 70% компаній, що брали участь в опитуванні CDP, відзначили, що проблеми з водою можуть серйозно вплинути на їхній бізнес. Збільшення витрат на очищення, дотримання суворіших екологічних стандартів і вирішення проблем із доступом до води може суттєво вплинути на прибутковість компаній. Для окремих секторів втрати можуть варіюватися від 18% (хімічна промисловість) до 116% (харчова промисловість та напої).

Звичайна лінійна модель використання води в промисловості (прямоточна схема водопостачання), що включає забір, використання та скидання стічних вод, зазвичай не передбачає повторного використання або переробки. Однак сьогодні існує багато перевірених технологій, які дозволяють зменшувати обсяги забору та споживання води або забезпечують її повторне використання та переробку.

Повторне використання, переробка та відновлення ресурсів зі стічних вод стали визнаними способами вирішення проблем доступності води. Стічні води в промисловості можуть бути сталим джерелом енергії, поживних речовин та побічних продуктів. Це створює безпрограшну ситуацію, коли одночасно зменшуються шкідливі викиди та знижується попит на прісну воду.

Впровадження таких підходів сприяє підвищенню стійкості водокористування в промисловості, знижує екологічний вплив та забезпечує сталість виробництва.

Домогосподарства

Водні ресурси відіграють важливу роль у повсякденному житті домогосподарств, забезпечуючи основні потреби людей у питній воді, приготуванні їжі, гігієні та санітарії. Однак традиційна модель споживання води в домогосподарствах зазвичай передбачає лінійний підхід: забір, використання та відведення стічних вод, що не сприяє економії, повторному використанню чи переробці води.

Сьогодні існують різноманітні технології та методи, що дозволяють домогосподарствам раціональніше використовувати воду, зменшуючи споживання та сприяючи її повторному використанню. До них належать:

- встановлення водозберігаючого обладнання;
- впровадження систем збору дощової води для технічних потреб;
- повторне використання "сірої" води (з ванн і пральних машин) для поливу чи технічних потреб.

Ефективне використання води в домогосподарствах не лише знижує витрати, але й допомагає зменшити навантаження на природні водні ресурси. Наприклад, використання сучасного обладнання дозволяє знизити споживання води на 30–50%, а впровадження систем повторного використання води може зменшити обсяги стоків, що потребують очищення.

Раціональне водокористування в домогосподарствах має значний потенціал для зниження загального попиту на прісну воду, що є важливим кроком до сталого управління водними ресурсами та екологічної стійкості.

Водозабезпеченість

Водозабезпеченість – це показник, який відображає доступність водних ресурсів для потреб населення, промисловості, сільського господарства та інших сфер діяльності на певній території. Він враховує кількість доступної води з природних джерел (річки, озера, підземні води) на одиницю населення або території за певний період часу, зазвичай за рік. Вимірюється у кількості кубометрів води на одного жителя (м³/рік). Рівень 1700 м³/рік на людину вважається достатнім для базових потреб. Менше 1 000 м³/рік означає водний дефіцит.

Основні фактори що впливають на водозабезпеченість:

- **Природні умови:** клімат (кількість опадів, випаровування); розмір та стан водних об'єктів; наявність підземних вод.

- **Соціально-економічні умови:** щільність населення; рівень промислового та сільськогосподарського розвитку; ефективність використання водних ресурсів.

- **Екологічні фактори:** забруднення водойм; зміни екосистем через діяльність людини.

Приблизно половина населення світу нині стикається з гострою нестачею води хоча б протягом частини року. У той час як одні регіони відчують дефіцит води лише протягом кількох місяців, інші страждають від гострого дефіциту цілий рік (рис. 1.2).

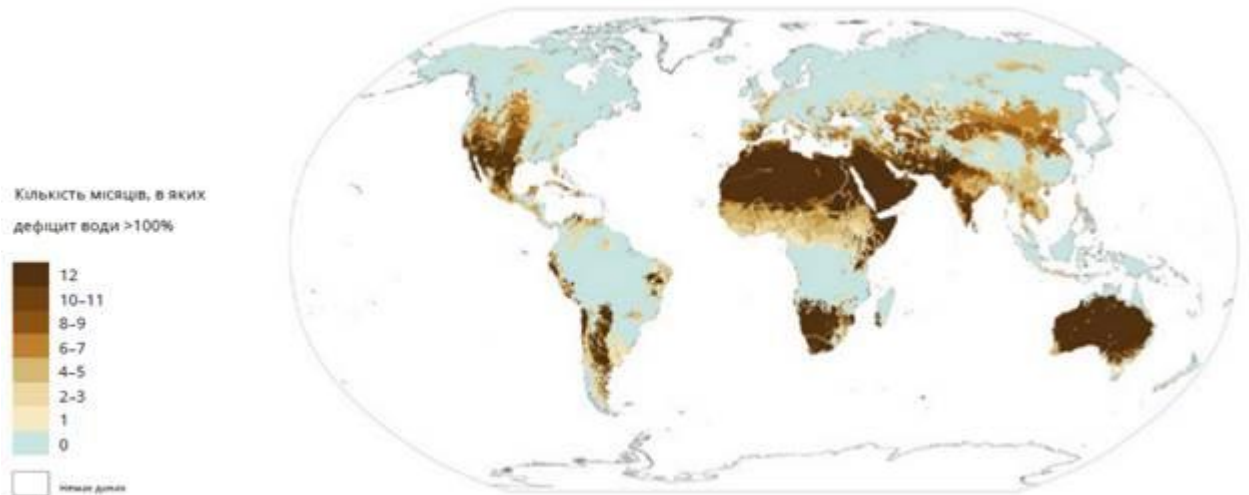


Рисунок 1.2 – Кількість місяців у році з серйозним дефіцитом води (відношення потреби у воді до наявності >1,0)

Ця проблема особливо актуальна для посушливих і напівпосушливих регіонів, де природний дефіцит водних ресурсів ускладнюється збільшенням попиту на воду через ріст населення, урбанізацію та зміну клімату. З точки зору стихійних лих, повені та посухи є одними з найбільш руйнівних лих, пов'язаних з водою (рис 1.3). Гострий дефіцит води обмежує доступ до чистої води для пиття, сільського господарства, промисловості та інших сфер, значно впливаючи на добробут населення та економічну стабільність регіонів.

В цілому з загального обсягу прісних вод технічно доступні для використання - всього 0,3 %.

Країни світу забезпечені водними ресурсами вкрай нерівномірно. Найбільш забезпечені водними ресурсами наступні країни: Бразилія (8233 тис. км³), Росія (4508 тис. км³), США (3051 тис. км³), Канада (2902 тис. км³), Китай (2840 тис. км³) (рис.1.4).

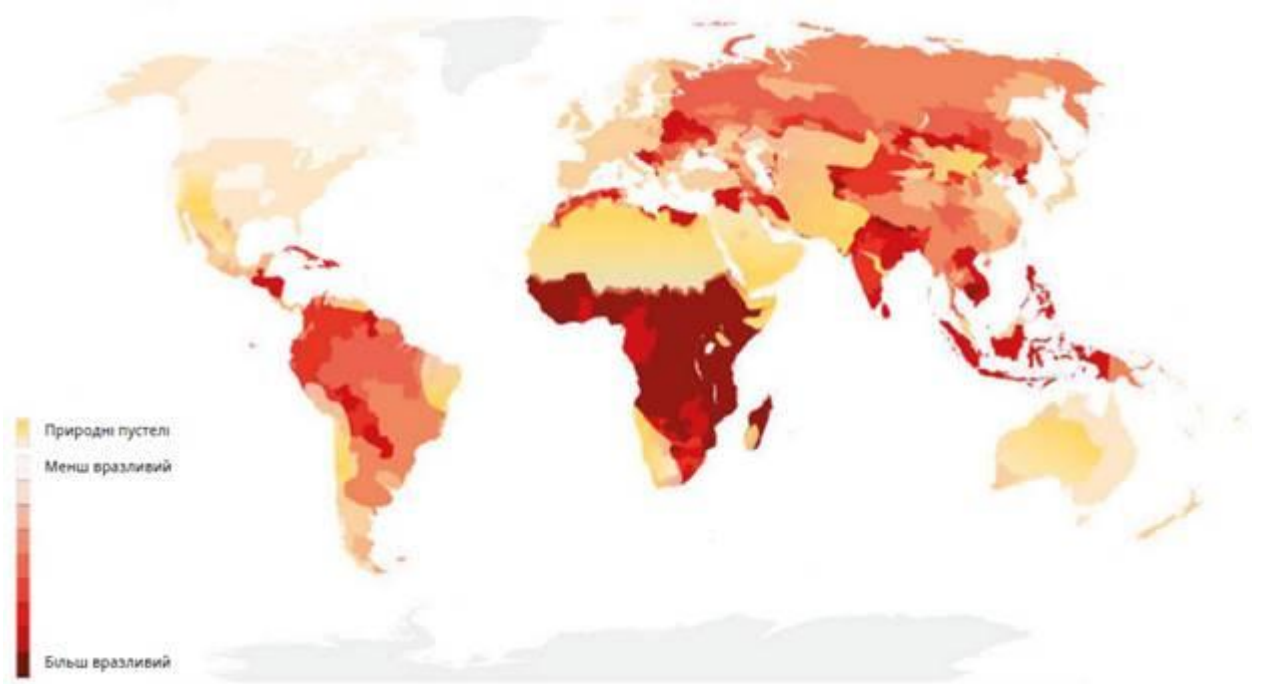


Рисунок 1.3 – Регіони вразливі до посухи

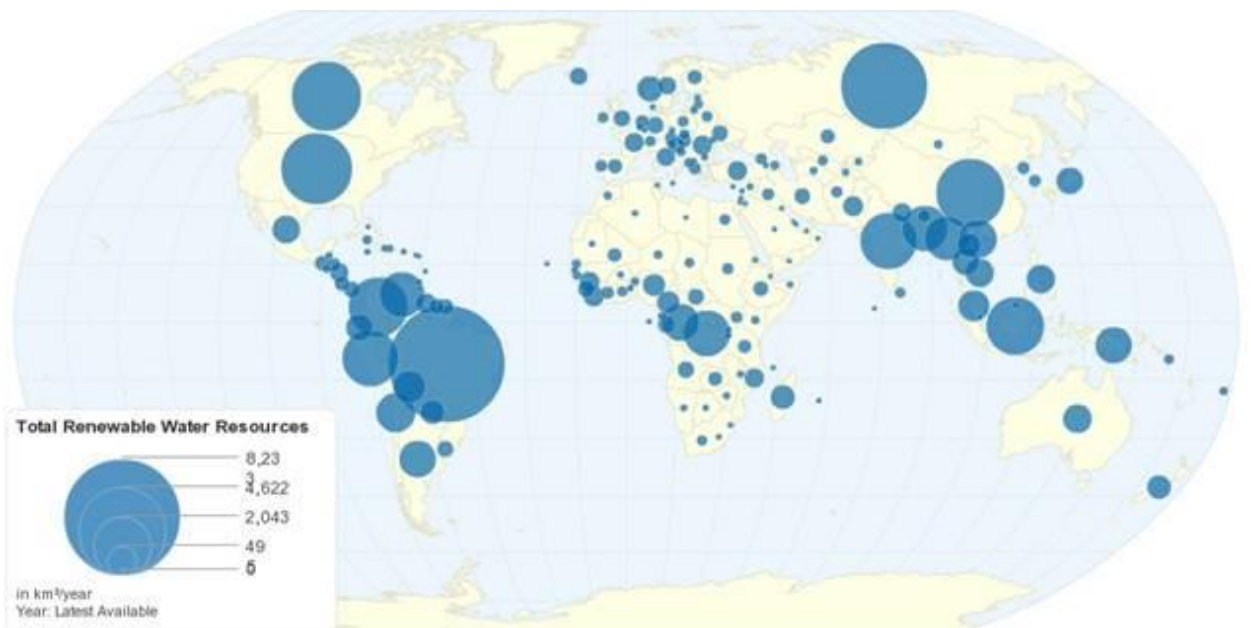


Рисунок 1.4 - Водні ресурси по країнах світу (км³/рік)

Найбільше водних ресурсів на душу населення припадає у Французькій Гвіані (609 091 м³), Ісландії (539 683 м³), Гайані (315858 м³), Сурінамі (236 893 м³), Конго (230 125 м³), а найменше в Кувейті (6,85 м³), Об'єднаних Арабських Еміратах (33,44 м³), Катарі (45,28 м³), на Багамах (59,17 м³), в Омані (91,63 м³), Саудівської Аравії (95,23 м³).

На пострадянському просторі ситуація йде таким чином: Туркменістан (97,1%), Молдова (91,4%), Узбекистан (77,4%), Азербайджан (76,6%), Україна (61,9%).

Україна відноситься до країн з водним дефіцитом – водозабезпеченість складає 1000-1200 м³/рік. Основними джерелами є річкові води, підземні води та штучні водосховища. Близько 80% річкового стоку формується за межами України (зокрема, у басейнах Дніпра, Дністра, Сіверського Дінця).

На водозабезпечення впливає мінливість місцевого стоку в часі. Так, у маловодні роки його величина становить 29,7 км³. Нерівномірний розподіл стоку протягом року. На весняний стік припадає до 70 % його об'єкта на півночі та північному сході й до 90 % на півдні України.

Україна має значні ресурси підземних вод, їх балансові прогностичні ресурси оцінюються у 21,0 км³/рік. Величини підземного стоку змінюються в південному напрямку від 30 мм (Полісся), 40-50 (Волино-Поділля) до 0-5 мм (Причорномор'я, Степовий Крим). В Українських Карпатах величини підземного стоку становлять 100-120 мм, а найбільший він у Кримських горах - 500 мм. Модулі підземного стоку також зменшуються з півночі на південь від 3-1,5 л/с*км² до 0,5 л/с*км² і менше. Сумарна величина підземного стоку оцінюється в 500-550 м³/с, що становить 30% загального стоку з території країни.

Планування розподілу водних ресурсів ([Water Resource Allocation](#) [1]) вже давно існує у багатьох країнах і набуває дедалі більшого значення у міру зростання їх дефіциту, що також сприяє вирішенню міжнародних, регіональних і місцевих конфліктів щодо доступу до води. Планування розподілу води – один зі способів ефективного управління водними ресурсами країни, який дозволяє визначити, скільки води можна використати з підземних і поверхневих водних джерел, одночасно забезпечуючи стійкість ресурсу та захищаючи залежні від води екосистеми. На жаль, такий план розподілу водних ресурсів в Україні відсутній.

Найефективнішою сучасною практикою сталого управління якістю та безпекою питної води багатьма країнами визнано планування безпеки води ([Water Safety Planning](#) [2]) на основі аналізу й оцінки ризиків із уживанням заходів, що контролюють такі ризики на всіх етапах питного водопостачання: від джерела до крану споживача.

Сьогодні проактивне управління набуває поширення та розвитку в багатьох країнах. Першими активно запроваджувати план забезпечення безпеки водопостачання (ПЗБВ) стали такі країни, як Австралія, Велика Британія, Канада, Німеччина, Сінгапур, США, Японії та Міжнародна Водна асоціація (IWA), і саме їхній досвід було використано для підготовки Керівних принципів ВООЗ. Слід зазначити, що в Європейському регіоні запровадження ПЗБВ отримало значну підтримку з боку Протоколу про воду та здоров'я, і з 2010 р. підхід і рекомендації ВООЗ щодо планування та сталого управління

безпекою води та санітарії є пріоритетною сферою впровадження Протоколу про воду та здоров'я. Слід зазначити, що завдяки Європейському досвіду впровадження ПЗБВ та фінансовій, технічній і гуманітарній підтримці ЄС і європейських країн нині в Україні розпочато пілотний напрям впровадження ПЗБВ.

Контрольні питання

1. Яке значення має вода для життя на Землі?
2. Чому виникає дефіцит прісної води?
3. Який сектор економіки споживає найбільше води?
4. Які технології дозволяють раціонально використовувати воду в промисловості?
5. Як можна зменшити споживання води в домогосподарствах?
6. Що таке водозабезпеченість?
7. Яка ситуація з водозабезпеченістю в Україні?
8. Які фактори впливають на водозабезпеченість?
9. Які наслідки зміни клімату для водних ресурсів?
10. Які міжнародні організації займаються проблемами водозабезпечення?
11. Які існують методи очищення стічних вод?
12. Що таке "сіра вода" і як її можна використовувати?
13. Які країни мають найбільші запаси прісної води?
14. Які країни відчувають найбільший дефіцит води?
15. Що таке планування безпеки води?
16. Які заходи можна вжити для збереження водних ресурсів?
18. Яка роль громадян у вирішенні проблеми дефіциту води?
19. Як можна зменшити забруднення водних ресурсів?
20. Які перспективи розвитку водопостачання в майбутньому?

Посилання:

1. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2015/04/water-resources-allocation_g1g507d6/9789264229631-en.pdf
2. <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/water-sanitation-and-health/water-safety-and-quality/water-safety-planning>

Лекція №2 «Санітарно-екологічні вимоги до якості питної води»

План лекції:

1. Оцінка якості води з точки зору екологічної безпеки.
2. Заходи, що поліпшують екологічний стан поверхневих джерел водопостачання.

1. Оцінка якості води з точки зору екологічної безпеки

Природні води об'єднують води суші (поверхневі і підземні) та морські води. Ці води використовують для різних потреб: господарсько-питних, комунально-побутових, рибогосподарських, промислових, лікувальних та інших. Крім того, при використанні вод для потреб людини не можна забувати і про охорону живих організмів, які мешкають у воді.

Критерії якості води – це характеристики складу і властивостей води, що визначають придатність її для конкретних видів водокористування. Про якість вод судять по набору показників. Цей набір показників для різних користувачів може бути різним і залежить він від вимог, які ставить кожен користувач до складу й властивостей вод.

Показники якості води - сукупність біологічних, хімічних та фізико-хімічних характеристик води (трофність, сапробність, солоність, жорсткість, водневий показник, концентрації розчинених речовин і т.д.).

Таким чином, якість природних вод – це їх стан, представлений набором показників, який відображає потреби користувачів у складі й властивостях вод.

Оцінка якості природних вод - визначення їх придатності для практичних цілей; здійснюється на основі державних стандартів і нормативів.

Якщо оцінка складається з декількох балів (категорій), тоді вона дає характеристику ступеня чистоти або забруднення води, наприклад: дуже чиста, чиста, досить чиста, слабо забруднена, помірно забруднена тощо.

Для оцінки якості вод потрібні не тільки значення показників, але і їх нормативи, які є стандартом якості. Основними стандартами якості є гранично допустимі концентрації (ГДК) забруднювальних речовин санітарно-гігієнічні, які входять до складу санітарних норм, і рибогосподарські, які входять до складу рибогосподарських норм. Крім того, стандартами якості є також орієнтовно безпечні рівні впливу (ОБРВ), орієнтовно допустимі рівні (ОДР) і середні летальні концентрації (LC50) забруднювальних речовин.

ОБРВ й ОДР речовин уводяться тимчасово до моменту розробки для них ГДК. Середні летальні концентрації використовуються, коли необхідно

оцінити допустимий вміст у воді суміші забруднювальних речовин. У цих випадках як критерій виступає 0,01 LC50. Оцінку якості вод можна виконати: 1) методом детального аналізу; 2) методом комплексних індексів (показників); 3) методами біоіндикації й біотестування як середовища існування живих організмів.

Метод детального аналізу полягає в зіставленні виміряного (розрахованого) значення кожного показника (із усього набору) з його нормативом (ГДК). Оцінка двобальна: якщо хоча б один показник не відповідає нормативу, то вважається, що вода брудна; у протилежному випадку - чиста.

Особливість оцінки якості вод методом комплексних індексів полягає в тому, що за всім набором показників (або його частиною) розраховується значення комплексного індексу, і за відповідною шкалою дається словесна узагальнена характеристика води (оцінка має декілька балів).

При реалізації згаданих двох методів найчастіше використовуються або санітарно-гігієнічні, або рибогосподарські ГДК. Однак залежно від потреб користувача можуть застосовуватися й інші нормативи (екологічні, відомчі, промислові та інші).

Слід зазначити, що сьогодні часто при оцінці екологічного стану водних об'єктів використовують санітарні або рибогосподарські норми якості води. Недолік цього полягає в тому, що при розробці санітарно-гігієнічних нормативів вода розглядається як предмет для задоволення потреб людини, а не як середовище мешкання гідробіонтів, а при розробці рибогосподарських – розглядаються тільки риба та інші види гідробіонтів, які є їжею людини, тобто у тому й іншому разі у першу чергу розглядаються потреби людини та її здоров'я.

Діючи нормативи не дозволяють оцінювати воду як середовище мешкання гідробіонтів, для цього використовують біоіндикацію та біотестування. Цими методами якість вод оцінюється за реакцією живих організмів: біоіндикація на основі гідробіологічних спостережень – у природних умовах, біотестування – у лабораторних.

1.2 Вимоги до безпечності та якості питної води та її виробничого контролю

З метою забезпечення населення в зоні бойових дій або іншої надзвичайної ситуації питною водою належної якості відповідно до Указів Президента України від 24 лютого 2022 року № 64 «Про введення воєнного стану в Україні», введено наказ № 683 *Про затвердження Державних санітарних норм і правил «Показники безпечності та окремі показники*

якості питної води в умовах воєнного стану та надзвичайних ситуаціях іншого характеру» [1]. Ці норми застосовуються в умовах воєнного стану та під час надзвичайних ситуацій іншого характеру на окремій території протягом визначеного періоду часу за рішенням відповідної регіональної або місцевої комісії з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій. У цих ДСанПіН терміни вживаються у значеннях, наведених у Водному кодексі України [2], Законах України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» [3], «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення» [4] та інших нормативно-правових актах у сфері питного водопостачання населення.

Водопровідна питна вода та питна вода з пунктів розливу (далі - питна вода) за показниками епідемічної та радіаційної безпеки повинна відповідати вимогам Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до питної води, призначеної для споживання людиною» [5], затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України від 12 травня 2010 року № 400, зареєстрованих в Міністерстві юстиції України 01 липня 2010 року за № 452/17747 (далі - Гігієнічні вимоги до питної води), за іншими показниками - гігієнічним нормативам відповідно до додатка [6] до цих ДСанПіН.

Вимоги та методи контролю якості води стандартизовані у ДСТУ 7525:2014 Вода питна: вимоги та методи контролювання якості [7]. У цьому стандарті реалізовано норми Закону України «Про питну воду та питне водопостачання», ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», основні вимоги Директиви Ради Європейського Союзу № 98/83 ЄС від 03.11.1998 р. про якість води, призначеної для споживання людиною, Керівних принципів забезпечення якості питної води ВООЗ від 2011 р. і документа Комісії Аліментаріус «Загальний стандарт на розфасовані у пляшки/упаковані питні води (відмінні від мінеральних вод)» CODEX STAN 227-2001.

Специфіка питного водопостачання України здебільшого базується на поверхневих джерелах.

В залежності від якості води виділяють п'ять класів води, характеристика яких наведена у таблиці 1.1.

Таблиця 2.1 – Клас води залежно від якості води

Клас води	I клас	II клас	III клас	IV клас	V клас
Якість води	дуже чиста	чиста	забруднена	брудна	дуже брудна

Водні об'єкти вважаються придатними для господарсько-питного водопостачання з точки зору екологічної безпеки, якщо:

- не порушуються загальні вимоги до складу і властивостей води для питного водопостачання;

- виконуються наступні умови:

$$C \leq ПДК, \quad (2.1)$$

де C – вміст домішок у водному об'єкті, г/м³

та

$$\sum \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1 \quad (2.2)$$

де C_i і $ПДК_i$ – відповідна концентрація лімітуючих домішок.

Централізоване водопостачання населенню здійснюють водоканали очищаючи природну воду (поверхневу та підземну) до води питної якості.

Існують також пункти розливу воду діяльність яких регламентує: Водний кодекс України встановлює загальні принципи використання та охорони водних ресурсів. Кодекс визначає правила провадження господарської діяльності, пов'язаної з розливом води, Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпеки та якості харчових продуктів», Закон України «Про питну воду», Наказ МОЗ 12.05.2010 № 400 Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною».

Розливна вода може бути як столової (питна) так і мінеральною (в Україні вода вважається мінеральною, якщо мінералізація перевищує 1 г/л, а лікувальна дія основних компонентів доведена. Ознака мінеральних вод - наявність ефектів, відмінних від дії питної води. Такі ефекти залежать від специфіки її складу. Якщо таких ефектів немає, вода вважається мінералізованою). Бутильовані мінеральні води поділяються на такі види: природні столові, розведені столові, природні лікувально-столові, розведені лікувально-столові та природні лікувальні. Їх класифікують у залежності від загальної мінералізації. Нормативними документами визначаються стандарти на природну мінеральну воду та умови її зберігання, оброблення та використання: ДСТУ 878–93 «Води мінеральні питні. Технічні умови», ДСТУ 42.10-02–96 «Води мінеральні лікувальні. Технічні умови», ДСТУ 878:2006 «Води мінеральні природні фасовані». Підприємства, що займаються видобутком мінеральної води з природних джерел та подальшим розливом для продажу, мають отримати дозвільну документацію.

Міжнародні стандарти, що регулюють якість мінеральних питних вод: CODEX STAN 227–2001, CODEX STAN 108–1981, Rev.1–1997. ВООЗ рекомендує усім країнам прийняти ці стандарти як національні, але їх дотримання є добровільним.

Всі нормативні документи вказують, які показники необхідно контролювати у питній воді та встановлюють максимально допустимі норми їхнього вмісту. І якщо ДСТУ та ДСанПіН містять майже ідентичні показники та гранично допустимі норми, які відрізняються лише на декілька найменувань, то остання директива ЄС [8] вже розширена новими найменуваннями токсинів. В ній знаходяться такі показники як вінілхлорид, епіхлоргідрин, бісфенол А, галоуксусні кислоти, мікроцистини і ПФАС (перта поліфтороалкільних речовини). В Україні вони наразі не контролюються, хоча і становлять небезпеку для здоров'я людини. Але, в результаті євроінтеграції, ми маємо прийти до того ж рівня контролю питної води, що й у європейських країнах. А це означає, що при розгляді можливих варіантів оснащення лабораторій краще орієнтуватись і на європейські показники якості та безпеки води.

Більше про методи визначення органічних забрудників дізнавайтесь з вебінару «Сучасні методи визначення органічних забрудників питної води згідно вимог ДСанПіН 2.2.4-171-10 [9]».

1.2 Заходи, що поліпшують екологічний стан поверхневих джерел водопостачання

До основних заходів, які поліпшують екологічний стан поверхневих джерел водопостачання, можна віднести наступні:

- очищення води, яка утворюється поверхневим стоком з селетєбних територій, будівництво систем водовідведення в містах і сільських населених пунктах;
- поліпшення стану зон санітарної охорони;
- благоустрій водоохоронних та прибережних захисних смуг водних об'єктів;
- захист питних водозаборів від шкідливого впливу тваринницьких, птахівничих підприємств та інших сільськогосподарських об'єктів, які є потенційним джерелом забруднення води;
- розчищення русел і укріплення берегів річок і дна водосховищ;
- державний моніторинг стану водних об'єктів, які використовуються як джерела водопостачання.

Вода, що пройшла очищення за традиційною схемою, містить близько 70 % органічних речовин.

Контрольні питання

1. Оцініть якість води з точки зору екологічної безпеки.
2. Які гігієнічні вимоги до якості питної води пропонуються?

3. Які пропонуються вимоги ДСанПіНу до якості питної води?
4. Якою є фізична повноцінність мінерального складу питної води?
5. Як визначаються індекс токсичності води?
6. У чому полягає специфіка питного водопостачання України?
7. Які заходи вдосконалюють екологічний стан поверхневих джерел водопостачання?
8. Які методи використовуються для оцінки якості природних вод?
9. Які класи води виділяють за якістю?
10. Що таке мінеральна вода і які її види?
11. Які заходи необхідно вживати для покращення якості питної води?
12. Що таке комплексні індекси якості води?
13. Які переваги та недоліки різних методів оцінки якості води?
14. Чому важливо оцінювати якість води не тільки з точки зору потреб людини, але й з точки зору екології?
15. Що таке критерії якості води?

Посилання

1. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0564-22#Text>
2. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>
3. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4004-12#Text>
4. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2918-14#Text>
5. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#n25>
6. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0564-22#n35>
7. https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=61154
8. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_963#Text
9. https://www.youtube.com/watch?v=LxfIzv7UrNU&list=PLe9Tazc2AK9oLcj24loU5wRSJpkmu_t7t&t=1s

Лекція №3 «Деякі аспекти проблеми вода і тероризм»

План лекції:

1. Деякі аспекти «Плану безпеки водопостачання»
2. Деякі аспекти «Плану безпеки водопостачання»
3. Рішення проблеми якості води

Доступність прісної води – найважливіший чинник безпеки, зокрема, уникнення конфліктності різного роду. У багатьох регіонах світу дефіцит води сприяє перманентній конфліктності. Водні проблеми характеризуються нетрадиційною комбінацією соціально-економічних, політичних, правових, міжнародних і внутрішньодержавних, військових і цивільних аспектів. Це робить їх вельми специфічним різновидом нових транскордонних викликів і загроз безпеці.

На планеті налічується 263 водних басейни, що розташовані на території більше ніж однієї країни. Вони охоплюють близько половини площі Землі, на якій проживає 40% світового населення. Крім того, дві третини так званих «великих морських екосистем» перебувають у спільному використанні кількох країн. В історії людства є багато прикладів конфліктів через доступ до водних ресурсів, що підкреслює важливість їх спільного управління та раціонального використання.

Тихоокеанський інститут багато років підтримує відкриту базу даних під назвою Хронологія водних конфліктів, яка є однією з найкращих у світі з цього питання. Ця база даних відстежує всі відомі та зареєстровані конфлікти, де прісна вода була ключовим фактором, тригером конфліктів, або де водні ресурси та інфраструктура використовувалися як зброя чи ставали жертвами конфліктів. Фахівці інституту, які займаються питаннями розвитку, довкілля та безпеки, розробили класифікацію таких конфліктів за їхньою суттю: конфлікти, спрямовані на контроль водних ресурсів для забезпечення власних потреб (державні або недержавні актори); конфлікти, у яких вода використовується як військовий засіб, наприклад, затоплення територій або блокування водопостачання; конфлікти, у яких вода використовується як політичний інструмент, наприклад, для тиску на інші країни чи групи; гідротероризм, де водні ресурси є об'єктом терористичних дій; конфлікти, у яких водні ресурси є військовою мішенню, наприклад, атаки на дамби, резервуари чи системи водопостачання; конфлікти, спрямовані на контроль водних ресурсів для гальмування розвитку держави, наприклад, блокування доступу до води для економічного чи соціального тиску. Така класифікація

допомагає краще зрозуміти природу конфліктів, пов'язаних із водними ресурсами, та сприяє пошуку шляхів їхнього вирішення.

Міжнародне співтовариство, розуміючи небезпеку і реальність погіршення систем водопостачання, приділяє серйозну увагу створенню системи надійного опору терористичним загрозам.

Напади на цивільну інфраструктуру, критично важливу для здоров'я і благополуччя людей, є порушенням Женевських конвенцій. Зокрема, використання води як засобу ведення війни або нанесення ударів по цивільній інфраструктурі водопостачання, такій як водопостачання або водоочисні споруди, або напад на греблі та іригаційні системи є воєнними злочинами відповідно до Протоколів 1977 року. Статті 51 і 54 Протоколу I до Женевської конвенції 1977 року забороняють невідбиркові напади на цивільне населення і цивільну інфраструктуру та захищають інфраструктуру, що має вирішальне значення для виживання цивільного населення. Цей міжнародний закон говорить: "Забороняється нападати, знищувати, переміщати або приводити в непридатність об'єкти, необхідні для виживання цивільного населення, такі як харчові продукти, сільськогосподарські угіддя для виробництва харчових продуктів, врожай, домашня худоба, установки й запаси питної води та іригаційні системи, які працюють із конкретною метою позбавити їх життєзабезпечення цивільного населення чи протилежної сторони, незалежно від мотиву, чи то морити голодом цивільне населення, чи то примусити його залишити країну, чи то з будь-якої причини, чи то покликати його пересуватися".

У законі також йдеться про те, що військові повинні уникати нападу на такі об'єкти, щоб "не залишати цивільне населення з таким недостатнім харчуванням або водою, щоб викликати голод або примусити його пересуватися" (Протокол I, стаття 54), в той час як стаття 56 Протоколу I та стаття 15 Протоколу II забороняє напади на інфраструктуру, що "містить небезпечні сили", включно з прямо "дамбами" і "дамбами", якщо такі напади "можуть призвести до вивільнення небезпечних сил і, як наслідок, до серйозних втрат серед цивільного населення".

1. Деякі аспекти «Плану безпеки водопостачання»

Директор ФБР Роберт Мюллер зробив заяву: «Отруєння продовольства і води може стати привабливою тактикою в майбутньому. Успішна спроба може призвести до тисяч жертв, посіяти страх серед населення і підірвати довіру громадськості до продовольства і води». Таким чином, тероризм не тільки обмежується прямими збройними конфліктами або нападами, але також може бути спрямований на життєво важливі для людей запаси, як-от

продовольство і вода, що може мати набагато ширший вплив на більшу кількість людей - до тисяч (а не невеликих груп) щодо збройного тероризму.

Одне з головних побоювань, пов'язаних із системами водопостачання, полягає в тому, що вони різноманітні і просторово розкидані по великих географічних областях. Вода споживається через пиття і приготування їжі, а також вдихається у вигляді аерозолу в душових. З іншого боку, вода використовується для санітарних та економічних цілей (наприклад, на заводах, у ресторанах). Тому системи водопостачання надзвичайно вразливі для кількох фізичних, хімічних і біологічних загроз, які можуть вплинути на здатність системи постачати безпечну воду. Системи питної води та стічних вод містять компоненти, до яких легко отримати доступ і які важко захистити (очисні споруди, насосні станції та розподільчі системи, включно зі стояками та милями розподільчих або колекторних магістралей).

Хімічні та біологічні забруднювачі у воді можуть інфікувати людей через різні шляхи впливу.

Хімічне забруднення води являє собою істотну загрозу для здоров'я і безпеки людини. Найпоширенішими хімічними забруднювачами, що впливають на якість води, є такі:

- сірчистий іприт - добре відома хімічна бойова отруйна речовина. Його складність здебільшого зумовлена тим, що він не є природною речовиною в навколишньому середовищі, і був введений у Першу світову війну як хімічна бойова отруйна речовина.

- фосфорорганічні нервово-паралітичні речовини: нервово-паралітичні речовини широко використовували як хімічну зброю з першої половини 20-го століття. Є найбільш токсичними з відомих хімічних речовин, до яких належать зарин (GB), табун (GA), зоман (агент GD) і агент VX.

Біологічне забруднення води: біологічні загрози класифікуються на дві основні категорії - патогени і токсини.

Центри з контролю та профілактики захворювань (CDC) розділили біологічні бойові агенти на три категорії:

- категорія А: агенти найвищого пріоритету; вони включають організми, які становлять серйозну загрозу національній безпеці, оскільки вони можуть легко передаватися від людини до людини і легко поширюються. Агенти категорії А зазвичай призводять до високих показників смертності та мають потенціал для серйозних наслідків для громадської охорони здоров'я. Вони також можуть викликати соціальні потрясіння і паніку, і вони вимагають великої готовності та дій для громадської охорони здоров'я. Поширені захворювання/агенти, пов'язані з цією категорією: туляремія (*Francisella tularensis*); чума (*Yersinia pestis*);

сибірська виразка (*Bacillus anthracis*); Натуральна віспа (*Variola major*); Ботулізм (токсин *Clostridium botulinum*); Вірусні геморагічні лихоманки (філовіруси та аренавіруси).

- категорія В: Другі за пріоритетом агенти. Це ті агенти, які порівняно легко поширюються. Вони призводять до низьких показників смертності, але помірних показників захворюваності. Деякі пов'язані захворювання/агенти: висипний тиф (*Rickettsia prowazekii*); ку-лихоманка (*Coxiella burnetii*); Ссап (*Burkholderia mallei*); бруцельоз (*Brucella* spp); епсилон-токсин (*Clostridium perfringens*); вірусний енцефаліт (альфавіруси); меліоїдоз (*Burkholderia pseudomallei*); орнітоз (*Chlamydia psittaci*); токсин рицину (*Ricinus communis*); стафілококовий ентеротоксин В (*Staphylococcus* spp.); загрози безпеки води (*Vibrio cholerae*, *Cryptosporidium parvum*); загрози безпеці харчових продуктів (*Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7, *Shigella*).

- категорія С: Треті за пріоритетом збудники. Вони включають в себе нові патогени, які можуть бути сконструйовані для поширення в майбутньому. Ці патогени широко доступні, прості у виробництві та поширенні і можуть мати високий потенціал для підвищення захворюваності та смертності. Поширеними збудниками цієї категорії є вірус Ніпах і хантавірус.

Дослідники водного тероризму, систематизуючи наявну інформацію, виділяють два основних напрямки деструктивного використання води: вода як зброя; вода як мета.

Основні напрямки деструктивного використання води більш детально наведені на рисунку 3.1.

У першому випадку мова йде, насамперед, про використання руйнівної сили великих мас води, наприклад руйнування Каховської ГЕС (рис. 3.2), або споруд очистки води. Аварія на насосній станції Диканівських очисних спорудах м. Харкова (рис. 3.3) в 1995 р. показує, наскільки це небезпечно в екологічному й санітарному аспектах.



Рисунок 3.1 – Основні напрямки деструктивного використання води



Рисунок 3.2 – Наслідки руйнування Каховської ГЕС



Рисунок 3.3 – Наслідки аварії на Диканській насосній станції, 1995 рік

Потенційна загроза, на кшталт, від греблі Київської ГЕС є унікальною, оскільки Київське водосховище крім величезної маси води (близько 4 млрд т), містить ще 90 тис. т радіоактивних мулів, що утворилися після аварії на ЧАЕС у 1986 р.

У другому випадку мова йде про руйнування систем енергозбереження підприємств ВКГ, споруд водопідготовки, систем транспортування і розподілу води, руйнування засобів комунікацій і управління, отруєння та зараження води (рис. 3.4).



Рисунок 3.4 – Руйнування систем водопостачання в наслідок російського обстрілу

Озброєний «військовий» аспект – високотоксичні реагенти, що застосовуються для очищення води: рідкий хлор та ін.

3.2 План безпеки водопостачання

До плану безпеки водопостачання входять:

1. Достатність, надійність й ефективність системи фізичного захисту

об'єктів водопостачання.

2. Наявність спецтехніки та матеріально-технічного резерву (матеріалів та обладнання) для відновлення пошкодженого.

3.1 Водозабірні споруди на поверхневих джерелах є маловірогідними цілями для терактів через великі розміри й масивність.

3.2 Водозабірні споруди на свердловинах є надто уразливими в силу їхньої компактності і, зазвичай просторового поєднання з насосною станцією першого підйому.

3.3 Магістральні трубопроводи є досить уразливими в силу їхньої великої протяжності (що ускладнює їхній фізичний захист) і наявності великих наземних ділянок.

3.3 Рішення проблеми якості води

Може бути виконано за таких умов:

1. Постійний безперервний контроль ймовірних місць можливого внесення отруйної речовини, біологічно патогенного агента або радіоактивного.

2. Оперативне визначення у водопровідній воді при виникненні підозр про їхнє застосування з одночасним попереджувальним інформуванням населення.

3. Здійснювати щоденний оперативний контроль якості природної, питної та стічної води у всіх населених пунктах України, в тому числі в умовах надзвичайних ситуацій, можна за допомогою мобільного хіміко-бактеріологічної лабораторій на базі фотометра та бактеріологічного обладнання.

Глобальна світова проблема «Вода і тероризм», з якою на сьогодні Україна зіткнулася безпосередньо, вимагає невідкладних рішень з протидії поточним загрозам руйнування і знищення складної і дорогої системи централізованого водопостачання та водовідведення.

Необхідно доповнити Загальнодержавну програму «Питна вода України» на 2022-2026 роки (проект від 02.07.2021, розглянуто 15.02.2022) завданням «Захист від тероризму і диверсій», в рамках якої, зокрема, передбачити негайне оснащення підприємств ВКГ системами захисту об'єктів і системами оперативного моніторингу якості води, у тому числі систем on-line моніторингу.

Контрольні питання

1 Чому доступність прісної води вважається найважливішим чинником безпеки?

2. Які аспекти роблять водні проблеми специфічним видом

транскордонних викликів і загроз безпеці?

3. Чому напади на цивільну інфраструктуру, пов'язану з водою, вважаються порушенням Женевських конвенцій?

4. Чому системи водопостачання вважаються надзвичайно вразливими до загроз, і як це пов'язано з їхньою структурою?

5. Якими є головні аспекти «Плану безпеки водопостачання»?

6. Якими є основні напрямки деструктивного використання води?

7. Як ви знаєте основні складові «Плану безпеки водопостачання»?

8. Яка класифікація груп терактів з проблеми «Вода як мета»?

9. Якою є ступінь уразливості і відновлення об'єктів системи водопостачання?

10. Які існують рішення проблеми якості води?

11. Якими є основні світові проблеми поняття «Вода і тероризм»?

12. Основні напрямки та перспективи підвищення екологічної безпеки водокористування.

13. Еколого-правова відповідальність за порушення водогосподарського законодавства.

14. Удосконалення структури управління водним господарством.

15. Концептуальні напрямки еколого-економічної оптимізації водокористування.

16. Сучасні тенденції та проблеми забезпечення населення питною водою.

17. Санітарно-епідеміологічні аспекти водозабезпечення населення.

18. Екологічна безпека водокористування

Лекція №4 «Поверхневі та підземні джерела водопостачання»

План лекції:

1. Загальні відомості про джерела водопостачання
2. Поверхневі джерела водопостачання
3. Підземні джерела водопостачання

1 Загальні відомості про джерела водопостачання

Джерелами водопостачання централізованих систем водопостачання є поверхневі та підземні води, а також атмосферні опади. Для технічного водопостачання промислових підприємств можливе використання доочищених стічних вод, а також зливові води.

У системі водопостачання допускається використання декількох джерел із різними характеристиками.

Вибір джерела є одним із найвідповідальніших завдань під час влаштування системи водопостачання, тому що він визначає значною мірою характер самої системи, наявність у її складі тих чи інших споруд, а, отже, вартість будівництва та експлуатації.

Джерело водопостачання має задовольняти таким основним вимогам:

- забезпечувати отримання з нього необхідних кількостей води з урахуванням зростання водоспоживання на перспективу розвитку об'єкта;
- забезпечувати безперебійність постачання водою споживачів;
- давати воду такої якості, яка найбільшою мірою відповідає потребам споживачів або дає змогу досягти необхідної якості шляхом простого і дешевого її очищення;
- забезпечувати можливість подачі води об'єкту з найменшою витратою коштів;
- володіти такою потужністю, щоб відбір води з нього не порушував сформовану екологічну систему.

Правильне вирішення питання про вибір джерела водопостачання для кожного конкретного об'єкта вимагає ретельного вивчення й аналізу водних ресурсів району, у якому розташований об'єкт. Практично всі природні джерела води, що використовуються для цілей водопостачання, можна віднести до двох основних груп:

1) поверхневі джерела - моря або їхні окремі частини (затоки, протоки), водотоки (річки, струмки, канали), водойми (озера, ставки, водосховища, обводнені кар'єри), болота, природні виходи підземних вод (гейзери, джерела), льодовики, сніжники;

2) підземні джерела - басейни підземних вод, водоносні горизонти.

2 Поверхневі джерела водопостачання

Поверхневим джерелам водопостачання притаманні такі природні процеси, як цвітіння, обростання та заростання. Цвітіння води - це інтенсивне розмноження у верхніх шарах води планктонних організмів рослинного (фітопланктон) і тваринного (зоопланктон) походження. Найбільш масовий розвиток планктону відбувається у весняний, літній та осінній періоди року, особливо в озерах і водосховищах. Річки з великими швидкостями руху води цвітуть значно слабше і рідше. Під час забору води в період її цвітіння водоприймальні споруди вкриваються шаром гелеподібної, слизової маси. Навесні і восени фітопланктон представлений, в основному, діатомовими водоростями, а влітку - синьо-зеленими. Фактором, що значно ускладнює забір води з вододжерел, є обростання, тобто відкладення дрібних водних організмів на твердих поверхнях, що перебувають під водою, зокрема й на водоприймальних пристроях і внутрішній поверхні самопливних труб. Якісний склад та інтенсивність обростання залежать від фізико-хімічних властивостей води у вододжерелах.

Характерною особливістю поверхневих джерел водопостачання є відносно велика каламутність, вміст органічних речовин, бактерій, малий вміст солей (окрім морської води та деяких озер). Якість і кількість води поверхневих джерел значно залежить від кількості опадів, танення снігів, забрудненості поверхні. Воду з поверхневих джерел для питних цілей необхідно піддавати очищенню.

Крім того, кожен із видів поверхневих вододжерел має свої особливості, пов'язані з кліматичними, геологічними, метеорологічними, гідрологічними, топографічними, біологічними та іншими факторами. Природно, не всі перераховані чинники однаковою мірою впливають на стан джерела, тому для правильного вибору і проектування водозабірної споруди в кожному конкретному випадку необхідне детальне вивчення зазначених чинників.

2.1 Річки

Річки - природні відкриті водні потоки, які течуть по створених ними руслах. У природному (незарегульованому) стані оцінку річок як джерел водопостачання слід здійснювати насамперед на підставі гідрологічних чинників, зокрема кількості та якості стоку, загальних витрат, рівнів води, їхніх коливань, льодового режиму, паводків, їхніх коливань, швидкості течії, кількості та якості наносів, устрою русла. Необхідно також враховувати топографічні та геологічні чинники.

Для зарегульованих річок як джерел водопостачання, окрім зазначених вище чинників, слід урахувати також гідрографічні умови, тобто обрис берегової лінії, що утворився в результаті регулювання стоку річки; метеорологічні чинники - напрямок і силу вітру; біологічні чинники - цвітіння води, тривалість цвітіння, наявність планктону, водної рослинності.

Поверхневі вододжерела мають різноманітний режим живлення та стоку.

Для більшості річок основними джерелами живлення є дощові, снігові та льодовикові води. У посушливі періоди року та в період льодоставу джерелом живлення річки слугують підземні води. Річки, як правило, мають кілька джерел живлення з переважанням одного або двох із них, що змінюються за періодами року. Для рівнинних річок характерне ґрунтове і частково дощове - влітку і взимку; снігове в результаті його танення - навесні; дощове - восени.

Річковий стік і його витрати змінюються залежно від періоду року і по довжині річки - від верхів'я до гирла. Зазвичай стік і витрати збільшуються зі збільшенням водозбірної площі, тому витрати води в річці різні для різних створів і населених пунктів.

Наявність у басейні річок, озер і водосховищ боліт сприяє зменшенню максимального стоку, натомість перешкоджає різкому зменшенню стоку в меженний період, коли річки живляться переважно ґрунтовими водами. Інакше кажучи, болота виконують буферну роль у кількісній зміні стоку річки за періодами року.

У зв'язку з нерівномірністю стоку за сезонами року вельми важливою характеристикою водного режиму річки є середньобагаторічне значення стоку, а також їхні максимальні та мінімальні значення, які необхідно враховувати під час вибору та проектування водозабірних споруд.

Швидкості руху води в річці та коливання рівнів значною мірою залежать від форми поперечного перерізу русла, його ухилу, обрису в плані, водної рослинності.

Рух води в річці має турбулентний характер. Біля увігнутого берега маси води переміщаються вниз, розмиваючи береги, а біля опуклого берега - вгору, намиваючи його. Цю закономірність руху річкового потоку слід враховувати під час вибору конструкції та місця розташування водозабору.

Швидкості руху води в річках розподіляються по живому перерізу нерівномірно - по вертикалі вони зменшуються від поверхні до дна, а по горизонталі - від середини річки до берегів. Для створа річки з живим перетином W , через який проходить витрата Q , середня швидкість V становить:

$$V = \frac{Q}{W} \quad (4.1)$$

Зазвичай середня швидкість річки не перевищує 5 м/с, проте місцеві швидкості можуть значно відрізнятись від цієї величини, а миттєві в окремих точках перевищувати в 2 і більше разів.

2.1.1 Льодові явища

Процес замерзання на річках відбувається таким чином. Зі зниженням температури повітря починається поступове охолодження річкових вод. Біля берегів, на мілинах, тобто в місцях з малими швидкостями і глибинами, де швидше охолоджується вода, з'являються перші кристали льоду. Примерзаючи до берегів, вони утворюють смуги льоду, прикріплені до берега, так звані забереги. Одночасно з утворенням заберегів, на річках з'являється сало.

Сало являє собою прозорі кристалики товщиною до кількох міліметрів у вигляді голок і тонких пластинок, які плывуть поверхнею води і здалеку схожі на плями застиглої на воді жиру. Сніг, що випав на переохолоджену водну поверхню, утворює сніжуру.

Внаслідок турбулентного характеру течії відбувається безперервне перемішування і вирівнювання температури води по всьому перетину річки. Унаслідок переохолодження води, відбувається утворення кристалів внутрішньоводного льоду. Одним із різновидів його є шуга - внутрішньовідний і донний лід, що спливає на поверхню річки.

Шуга може перебувати в русі і створювати шугохід або бути в нерухомому стані. Скупчення шуги під крижаним покривом призводить до утворення зажорів. Зажори утворюються в місцях викривлення річкового потоку, різкої зміни глибин, звуження русла. За температури повітря нижче 0 оС під час осіннього льодоходу великі крижини можуть затримуватися в місцях звуження річки, біля островів, на поворотах і мілинах. Унаслідок поступової зупинки і змерзання крижин відбувається утворення льодоставу. На малих річках льодоутворення відбувається спокійно, найчастіше шляхом зрощення заберегів.

За характером льодового режиму річки поділяють на чотири групи: зі стійким льодоставом, з нестійким льодоставом, з окремими льодовими явищами та з відсутністю льодових явищ.

Тривалість льодоставу на річках коливається в широких межах і залежить насамперед від кліматичних умов територій, якими вони протікають.

Для характеристики шугольодових явищ на річках використовують бальну оцінку:

- 1 бал - мала кількість шуги (до 25% за живим перерізом), шугохід до 3 діб без утворення заторів, уся шуга транспортується у верхньому шарі води;
- 2 бали - середня кількість шуги (до 50% по живому перерізу), шугохід до 7 діб з утворенням шугових заторів і транспортуванням шуги у верхній половині живого перерізу потоку;
- 3 бали - велика кількість шуги (до 90% по живому перерізу), шугохід понад 7 діб з утворенням шугових заторів і транспортуванням шуги по всьому живому перерізу.

Період шугоходу та його характер для річок зазвичай встановлюють на основі багаторічних спостережень.

2.1.2 Річкові наноси

Річковими наносами називаються тверді мінеральні частинки, що переносяться потоком і формують руслові та заплавні відкладення. Річкові наноси утворюються з продуктів вивітрювання, денудації та ерозії гірських порід і ґрунтів.

Водна ерозія, руйнування земної поверхні під дією текучих вод, являє собою найактивніший процес, що збагачує річки наносами. Вона підрозділяється на схилу та руслову.

Схилова ерозія - розмив і змив ґрунтів і гірських порід сніговими та дощовими водами, що стікають схилом.

Руслова ерозія - розмивання водними потоками, що протікають у руслах, корінних порід дна і берегів русла та схилів долин.

Води річок розмивають береги і дно русла. Однак наноси, що надходять завдяки цим процесам, є лише частиною річкових наносів, причому певна частка їх є продуктами розмиву наносів, що раніше відклалися в руслі і були принесені з поверхні басейну.

Інтенсивність водної ерозії залежить насамперед від енергії текучих вод і потім від опірності розмиву поверхні, по якій стікають ці води.

Знищення рослинного покриву (вирубки, непомірне випасання худоби, пожежі), неправильна оранка поверхні (уздовж схилів) та обробіток ґрунтів без дотримання агротехнічних правил, які передбачають збереження структурності ґрунтів, можуть призвести до посилення ерозії, місцевого змиву ґрунтів, виникнення ярусової ерозії та, зрештою, до збільшення каламутності річок.

Основні визначення та характеристики річкових наносів

Річкові наноси залежно від характеру руху в потоці зазвичай підрозділяють на зважені та зтягнуті. Наноси підрозділяють, крім того, на транзитні та руслоформувальні. Малі частинки переносяться до гирла річки переважно транзитом. Більші частинки залежно від гідравлічних

властивостей потоку то переносяться потоком у зваженому або влекомому стані, то затримуються на окремих ділянках річки, для того, щоб при зміні гідравлічних властивостей потоку знову перейти в рух. Таким чином, постійно відбувається переформування русла. Очевидно, що більша частина завислих наносів є транзитною, а більша частина злітаючих - руслоформуючою.

Кількість наносів (у кілограмах), що проноситься річкою через поперечний переріз за одиницю часу, називається витратою наносів. Сумарна кількість наносів, що проноситься річкою через поперечний переріз за деякий проміжок часу (добу, місяць, рік), називається стоком наносів за цей проміжок часу і виражається зазвичай у тонах. Модулем стоку наносів називають стік наносів з 1 км² за рік. Важливою характеристикою наносів є їхній гранулометричний склад, тобто розподіл даної фракції.

Кількість зважених наносів, що міститься в одиниці об'єму (1 м³) води, називається каламутністю. Каламутність виражається в г/м³.

2.1.3 Руслові деформації

Руслові деформації - розмив або намив дна і берегів. Фізичною причиною руслових деформацій є порушення балансу наносів на тих чи інших ділянках річкового русла. Зміна витрати наносів уздовж потоку на безприпливній ділянці неминуче супроводжується русловими деформаціями: збільшення витрати наносів уздовж річки відповідає розмиву русла (ерозії), зменшення витрати наносів супроводжується підвищенням відміток дна (акумуляція наносів). Руслові деформації підрозділяють на вертикальні (переважає зміна відміток дна русла), і горизонтальні (спостерігаються поперечні зміщення русла). Зазвичай ці два види руслових деформацій відбуваються одночасно.

Руслові деформації можуть бути періодичними (знакозмінними, оборотними) і спрямованими (необоротними). До періодичних руслових деформацій відносять такі зміни русла, які неодноразово повторюються в часі, а зміни відміток дна мають знакозмінний характер. Ці руслові деформації спостерігаються під час руху донних гряд, розвитку закрутів тощо. Спрямовані руслові деформації виражені в односторонніх змінах русла, наприклад, у разі односпрямованого розмиву або намиву річкових відкладень. Незворотними деформаціями називають деформації, супутні спорудженню водосховищ.

Залежно від виду деформації русла всі річки можна розділити на 3 основні групи:

- блукаючі річки - сильні зміни русел річок, зміни глибин на перекатах (таких річок в Україні немає);

- непостійні річки - відносно невелика і повільна зміна русла, річкове переміщення русла вниз за течією не перевищує 70-100 м. (Дніпро, Дністер);
- постійні - протікають у стійких, малоруйнівних породах з малими швидкостями і несуть малу кількість наносів.

2.2 Озера та водосховища

Під час оцінки озер і водосховищ враховуються ті самі чинники, що й для річок. Для водосховищ додатково аналізуються ті самі чинники, що й для зарегульованих річок.

Розрізняють 3 основні рівні (горизонти) і 4 обсяги:

рівні:

1. форсований підпірний рівень (ФПР) або горизонт форсування - відмітка водної поверхні водосховища, що перевищує НПР, який, під час проєктування гідровузла з відомою пропускною спроможністю, визначається зважаючи на площу водосховища та максимально можливий приплив води. Перевищення цього рівня може призвести до переливу через гребінь греблі та до інших аварійних ситуацій;

2. нормальний підпірний рівень (НПР) - оптимальна найвища відмітка водної поверхні водосховища, яка може тривало підтримуватися підпірною спорудою;

3. рівень мертвого об'єму (РМО) або горизонт спрацювання водосховища - позначка водної поверхні, що відповідає найбільшому спорожненню водосховища.

обсяги:

1. об'єм або повний об'єм водосховища - ця величина дорівнює сумі мертвого і корисного об'ємів;

2. ємність форсування або регульовальна ємність водосховища - частина об'єму водойми між відмітками ФПР і НПР, призначена для зменшення максимальної витрати через гідровузол під час весняної повені або дощових паводків;

3. корисний об'єм водосховища - частина об'єму водойми між відмітками оптимального найвищого рівня горизонту (НПР) і рівнем максимального спрацювання водойми (РМО);

4. мертвий об'єм водосховища - об'єм водойми нижче за позначку горизонту спрацювання водосховища (РМО).

3 Підземні джерела водопостачання

Підземні джерела питного водопостачання - це ґрунтові води, міжпластові води (безнапірні та напірні), верховодка, інфільтраційні берегові води та джерела.

Підземні води (ПВ) - води, що містяться в товщах гірських порід верхньої частини земної кори в рідкому, твердому і пароподібному стані.

ПВ, що переміщуються під впливом сили тяжіння, називаються гравітаційними, або вільними, на відміну від вод, що зв'язані, утримуються молекулярними силами, - гігроскопічних, плівкових, капілярних і кристалізаційних. Шари гірських порід, насичені гравітаційною водою, утворюють водоносні горизонти. Перший від поверхні землі постійно існуючий безнапірний водоносний горизонт називається горизонтом ґрунтових вод. Увесь простір від поверхні землі до дзеркала ґрунтових вод називається зоною аерації, у якій відбувається просочування вод із поверхні. У зоні аерації на окремих роз'єднаних прошарках порід, що володіють меншою фільтраційною здатністю, у період живлення ґрунтових вод утворюються тимчасові скупчення ПВ, які називаються верховодкою. Водоносні горизонти, що залягають нижче ґрунтових вод, відокремлюються від них шарами водонепроникних (водотривких) або слабопроникних порід і називаються горизонтами міжпластових вод. Вони зазвичай перебувають під гідростатичним тиском. Ділянка живлення міжпластових вод міститься в місцях виходу водомістких порід на денну поверхню (або в місцях їх неглибокого залягання); живлення відбувається також і шляхом перетікання води з інших водоносних горизонтів (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Схема залягання підземних вод

За походженням виділяють кілька типів ПВ:

- інфільтраційні води утворюються завдяки просочуванню з поверхні

землі дощових, талих і річкових вод. За складом вони переважно гідрокарбонатно-кальцієві та магнієві. При вилуговуванні гіпсоносних порід формуються сульфатно-кальцієві, а при розчиненні соленосних - хлоридно-натрієві води;

- конденсаційні води утворюються внаслідок конденсації водяної пари в порах або тріщинах порід;

- седиментаційні води формуються в процесі геологічного осадоутворення і зазвичай являють собою змінені захоронені води морського походження - хлоридно-натрієві, хлоридно-кальцієво-натрієві тощо.

Залежно від характеру порожнеч водовмісних порід ПВ поділяють на порові - у пісках, галечниках та інших уламкових породах; тріщинні (жильні) - у скельних породах (гранітах, пісковиках) та карстові (тріщинно карстові) - у розчинних породах (вапняках, доломітах, гіпсах та ін.).

Вода, що знаходиться від поверхні землі на різній глибині, іменується по-різному. Вона називається верховодкою, якщо глибина залягання води становить до 4 м; ґрунтовою водою - за глибини до 10 м; ґрунтовою - за глибини до 40 м; артезіанською - за глибини понад 40 м.

Залежно від будови гірських порід, крізь які тече вода, залежатиме швидкість її руху. Усі гірські породи по відношенню до води поділяються на водотривкі та водонепроникні породи:

- водонепроникні: гравій, пісок, супісок, галечник, вапняк, тріщинувата крейда;

- водотривкі: граніт, вапняк, глина, щільний пісковик.

Верховодкою називається певне скупчення води на поверхні слабопроникних або водотривких порід, які включені в товщу водопроникного шару. Так само як і ґрунтова вода, перебуваючи поблизу від поверхні, верховодка може забруднюватися і стати непридатною для питного водопостачання.

Ґрунтові (безнапірні) води знаходяться на першому водотривкому шарі (якщо рахувати від поверхні) розташовуються безнапірні води. У колодязі вони знаходяться на рівні з підземними водами. Ґрунтова вода рухається у напрямку ухилу водотривкого підстилаючого шару. Найчастіше така вода придатна для питного водопостачання і в природних умовах не забруднена. Але забруднення ґрунтових вод може відбутися від ґрунту: що ближче до поверхні залягає вода, то більша ймовірність її забруднення з розташованих над нею господарських об'єктів і населених пунктів.

Безнапірні води заповнюють водоносні горизонти неповністю і мають вільну поверхню. Прикладом безнапірних вод може служити вода у водоносних горизонтах, розкритих колодязями K_1 і K_2 (рис. 4.2). Вода

встановлюється в цих колодязях на рівнях, співпадаючих з рівнями підземних вод. Безнапірні підземні води першого від поверхні водоносного горизонту (шар, розкритий колодязем К1 на рис. 2.1) називаються ґрунтовими. Ґрунтові води характеризуються підвищеною забрудненістю, тому при використанні для цілей водопостачання їх у більшості випадків піддають очищенню .

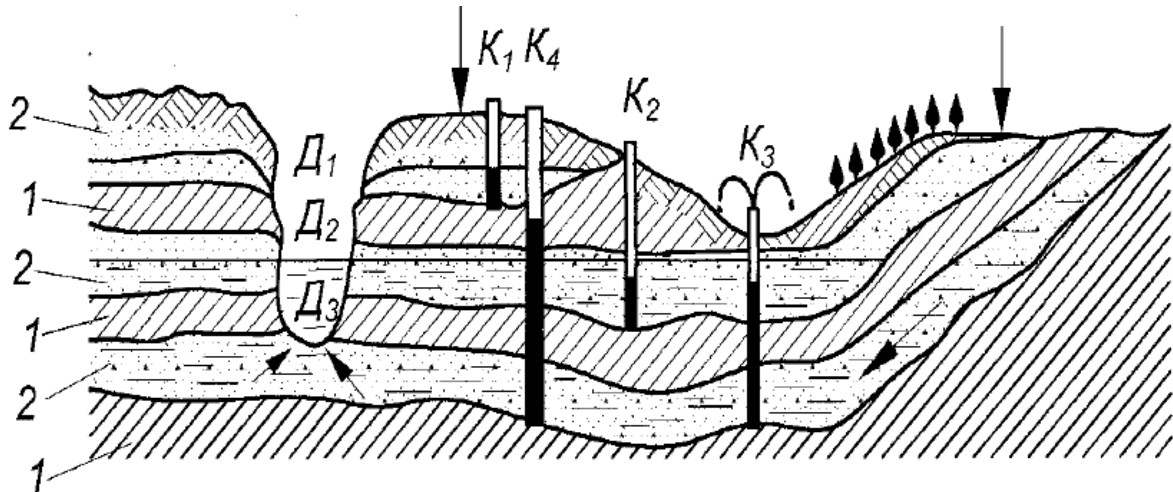


Рисунок 4.2 – Схема утворення та залягання підземних вод:
 1 - водотривкі породи; 2 - водоносні породи; К₁ – К₄ - колодязі;
 Д₁ – Д₃ – джерела

Напірні (артезіанські) води заповнюють водоносні горизонти повністю. Прикладом напірних вод може служити вода у водоносному горизонті, розкритому колодязями К₃ і К₄ (рис. 4.3). Артезіанські води, як правило, характеризуються високою якістю і в більшості випадків можуть використовуватися для господарсько-питних цілей без очищення.

У колодязі, в якому розкривається напірний водоносний горизонт, вода піднімається до п'єзометричної лінії. Якщо п'єзометрична лінія проходить вище поверхні землі, спостерігається виливання води з колодязя (колодязь К₃ на рис. 4.2). Такі колодязі називають само виливними.

Рівень води, який встановлюється в колодязі за відсутності водорозбору, називають статичним. Статичний рівень безнапірних вод збігається з рівнем підземних вод, а напірних вод - з п'єзометричною лінією (рис. 4.3).

При відкачці води з колодязя рівень її знижується, причому тим більше, чим інтенсивніше відкачка. Такий рівень називають динамічним.

Рівні води і п'єзометричні лінії, що встановлюються навколо колодязів при відкачці з них води (у поперечному розрізі вони мають опуклу догори форму), називають кривими депресії. Область, обмежену кривими

депресії, називають депресійної воронкою.

Безнапірні і напірні води можуть виходити на денну поверхню (джерела, криниці). Вихід безнапірних вод називають низхідним (спадним) ключем, а вихід напірних вод - висхідним ключем. Ключова вода відрізняється високою якістю і також може використовуватися для цілей водопостачання без очищення.

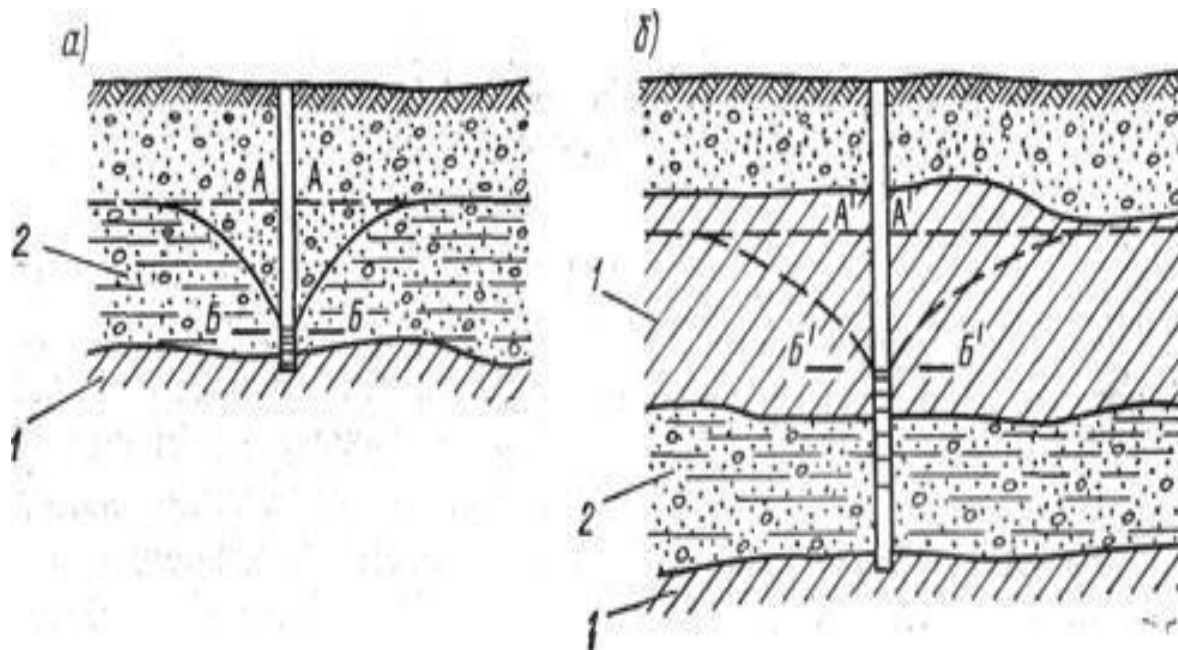


Рисунок 4.3 – Депресійні воронки:

- а - безнапірних вод; б - напірних вод; 1 - водотривкі породи;
- 2 - водоносні породи; А- А - статичний рівень;
- А'-А' - п'єзометрична лінія за відсутності відкачування;
- Б-Б і Б'-Б' динамічні рівні

При виборі джерела водопостачання слід враховувати якість води в ньому і його потужність, вимоги, які пред'являються до якості води споживачами, техніко - економічні міркування та інші фактори.

Контрольні питання

1. Які основні джерела водопостачання централізованих систем водопостачання?
2. Які критерії визначають вибір джерела водопостачання?
3. Що таке поверхневі джерела водопостачання? Наведіть приклади.
4. Які природні процеси характерні для поверхневих джерел водопостачання?
5. Чому воду з поверхневих джерел необхідно очищувати для питного використання?

6. Що таке цвітіння води, і які фактори на нього впливають?
7. Які відмінності в живленні річок характерні для різних сезонів року?
8. Як болота впливають на стік річок у різні сезони року?
9. Що таке середньобагаторічне значення стоку річки, і чому воно важливе?
10. Що таке руслова ерозія, і чим вона відрізняється від схилової ерозії?
11. Як рух води у річці впливає на її русло і береги?
12. Що таке льодові явища, і як вони формуються на річках?
13. Що таке річкові наноси, і як вони утворюються?
14. Як розрізняють зважені та зтягнуті річкові наноси?
15. Що таке депресійна воронка, і як вона утворюється?
16. Які типи підземних вод існують, і за якими характеристиками вони розрізняються?
17. Що таке ґрунтові води, і чим вони відрізняються від артезіанських?
18. Що таке напірні води, і в яких випадках вони можуть бути самовиливними?
19. Які основні фактори слід враховувати під час вибору джерела водопостачання?

Лекція №5 **«Водозабірні споруди»**

План лекції:

1. Загальні відомості про водозабірні споруди для прийому води з підземних джерел
 - 1.1 Водозабірні свердловини
 - 1.2 Шахтні колодязі
 - 1.3 Горизонтальні водозабори і каптажні камери
2. Загальні відомості про водозабірні споруди для прийому води з поверхневих джерел.
 - 2.1. Водозабірні споруди берегового типу.
 - 2.2. Водозабірні споруди руслового типу.
 - 2.3. Спеціальні водозабірні споруди.

1 Загальні відомості про водозабірні споруди для прийому води з підземних джерел

Вибір типу споруди для приймання підземних вод залежить в основному від глибини їх залягання і потужності водоносного горизонту.

Споруди для прийому підземних вод можуть бути поділені на чотири види:

- водозабірні свердловини;
- шахтні колодязі;
- горизонтальні водозабори;
- каптажні камери.

Водозабірні свердловини служать для прийому безнапірних і напірних підземних вод, що залягають на глибині більше 10 м. Водозабірні свердловини - найбільш поширений вид водозабірних споруд для систем водопостачання міст, сільських населених пунктів і промислових підприємств.

Шахтні колодязі служать для прийому підземних вод, що залягають на глибині не більше 30 м.

Горизонтальні водозабори влаштовують для прийому ґрунтових вод, що залягають на невеликій глибині (до 8 м), при малій потужності водоносного горизонту.

Каптажні камери застосовують при необхідності використання для цілей водопостачання джерельної води.

1.1. Водозабірні свердловини

Водозабірні свердловини влаштовують шляхом буріння в землі свердловин, стінки яких кріплять обсадними сталевими трубами. У міру заглиблення свердловини діаметр обсадних труб зменшують. В результаті свердловина набуває телескопічну форму (рис. 5.1).

Концентричні зазори між окремими обсадними трубами зашпаровують (тампонують) цементним розчином. У скельних ґрунтах стінки свердловин обсадними трубами не кріплять. Над верхом водозабірної свердловини роблять цегляну, бетонну або залізобетонну камеру. У нижній частині свердловини встановлюють фільтр, що складається з над фільтрової, водоприймальної (фільтруючої) і відстійної частин.

Водозабірні свердловини можна обладнати фільтрами наступних типів: дірчастими; щілинними; сітчастими; дротяними; гравійними.

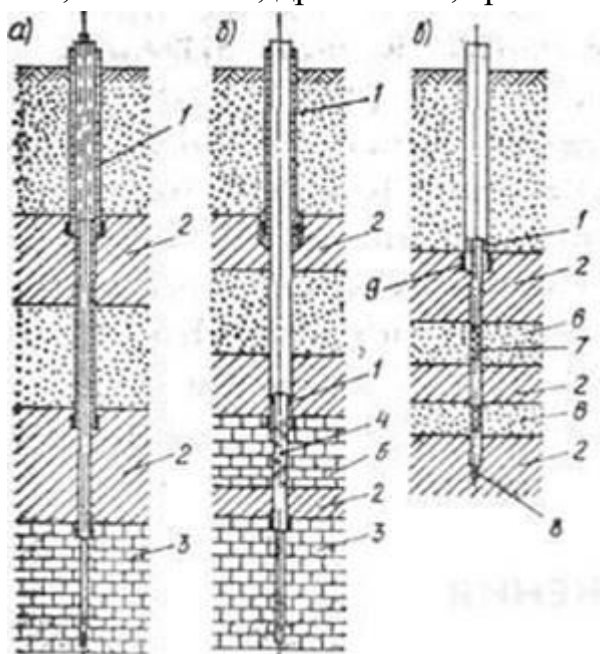


Рисунок 5.1 – Схеми облаштування водозабірних свердловин:

а і б - при заборі води в тріщинуватих породах;

в - те ж, в пісках; 1 - закладення цементним розчином між трубного простору; 2 - глини, 3 - тверді тріщинуваті породи, 4 - перфоровані труби;

5 - вапняк; 6 - водоносний пісок; 7 - фільтр; 8 - пробка; 9 - башмак

Залежно від необхідної витрати і потужності водоносного горизонту влаштовують одну або декілька водозабірних свердловин, що розташовуються перпендикулярно напрямку потоку підземних вод (рис. 5.2).

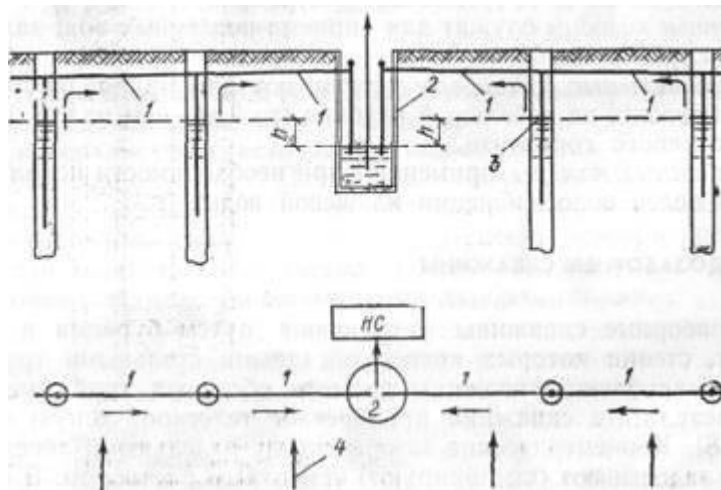


Рисунок 5.2 – Схема розташування водозабірних свердловин
 1 – самоточний або сифоний трубопровід; 2 – збірний колодезь; 3 – динамічний рівень води; 4 – напрям потоку підземних вод; водозабірні свердловини

Спосіб отримання води з свердловин залежить від глибини залягання динамічного рівня води. При самотійному виливі води її відводять зі свердловин самопливом в збірний резервуар, з якого її відкачують насосами. При порівняно неглибокому заляганні динамічного рівня підземні води відводять зі свердловин по самопливним або сифонним трубопроводами 1 в збірний колодезь 2, з якого їх відкачують насосами (рис. 5.2).

Застосування сифонних трубопроводів дозволяє зменшувати глибину закладення збірних трубопроводів. При глибокому заляганні динамічного рівня 3 (більше 20 м від поверхні землі) кожен водозабірну свердловину обладнують насосом.

1.2 Шахтні колодезі

Шахтні колодезі можуть виконуватися з бетону, залізобетону, цегли, бутового каменю та дерева. Найчастіше шахтні колодезі будують опускним способом, тому зазвичай вони мають круглу форму в плані. Дерев'яні колодезі, що виконуються у вигляді зрубу з колод, мають квадратну форму в плані.

Для прийому води дно шахтних колодезів влаштовують у вигляді так званих зворотних фільтрів шляхом пошарової засипки крупнозернистих матеріалів з поступовим збільшенням крупності зерен знизу вгору (рис. 5.3).

У бічних стінках бетонних і залізобетонних колодязів створюють водоприймальні отвори шляхом закладання в них труб при бетонуванні.

У цегляних і бутових криницях водоприймальними отворами служать не заповнені розчином наскрізні шви.

При дрібнозернистих ґрунтах водоприймальні отвори в стінках шахтних колодязів доцільно виконувати V- подібною чи похилій форми (гравітаційні фільтри), заповнюючи їх піском або гравієм за типом зворотних фільтрів. Таке завантаження не вимивається в колодязь.

Для підвищення дебіту шахтних колодязів збільшують площу донного фільтра шляхом розширення їх підстави. Значного збільшення дебіту можна досягти, влаштувавши радіально розташовані горизонтальні трубчасті фільтри. Такі водозабори називають променевими .

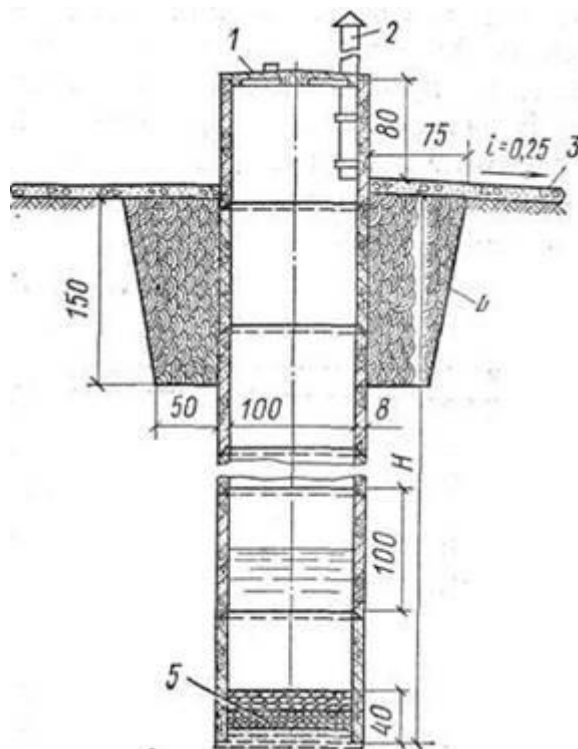


Рисунок 5.3 – Шахтний колодязь із залізобетонних кілець:

1 - залізобетонна кришка; 2 - вентиляційна азбестоцементна труба діаметром 150 мм; 3 - вимощення щебенем, втрамбованого в ґрунт, шаром 10 см, 4 - глиняний замок; 5 - зворотний фільтр

Навколо колодязів рекомендується робити глиняний замок і вимощення з кругляка на піщаному підґрунті . Стінки колодязя слід зводити вище поверхні землі не менше ніж на 0,8 м. Це виключає засмічення колодязя і надходження в нього поверхневих стоків.

Для отримання значних витрат води влаштовують кілька шахтних колодязів, які розташовують перпендикулярно напрямку потоку ґрунтових

вод. Воду з кожного колодязя відводять по сифонним, а іноді і по самопливним лініям в збірний колодязь, з якого її перекачують насосами на очисну станцію або до споживачів.

1.3 Горизонтальні водозабори і каптажні камери

Горизонтальні водозабори виконують із залізобетонних, бетонних або керамічних труб з круглими або щілинними отворами. Для горизонтальних водозаборів доцільно використовувати труби овального перерізу, у яких більше площа водоприймальної поверхні (рис. 5.4).

Для запобігання вимивання водою частинок ґрунту в водозабори їх обсипають фільтруючою піщано-гравійною засипкою. Щоб виключити надходження у водозабори забруднених поверхневих стоків, на поверхні землі над ними влаштовують глиняну подушку.

Найпростіші горизонтальні водозабори можуть виконуватися з коротких труб з зазорами в місцях з'єднань, з цегляної або бутової кладки без розчину і т. п.

Для огляду та очищення горизонтальних водозаборів через кожні 50 – 150 м по їх довжині влаштовують оглядові колодязі.

Використання джерельної (криничної) води для цілей водопостачання (каптаж ключів) здійснюється за допомогою каптажних камер. Для захоплення вод висхідних ключів влаштовують каптажні камери за типом шахтних колодязів, розташовуючи їх над місцями виходів води, а для захоплення вод низхідних ключів виконують каптажні камери з прийомом води через бічні стінки. Для збільшення водоприймальною поверхні каптаж здійснюють у вигляді горизонтальних водозаборів.

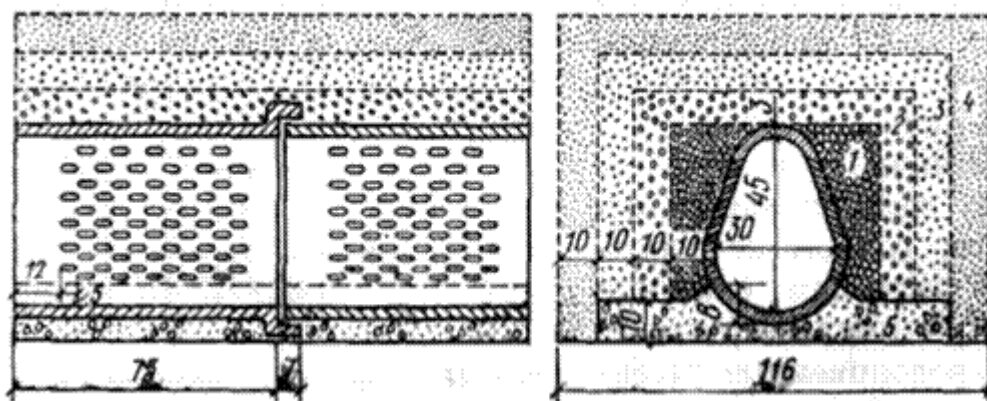


Рисунок 5.4 – Горизонтальний водозабір із залізобетонних труб
воідального перетину:

- 1 - шар з значущістю зерен 12-15 мм; 2 - те ж, 5-7 мм; 3 - те ж, 1,5-2 мм,
4 - те ж, 0,4-0,6 мм; 5 - бетон

2 Загальні відомості про водозабірні споруди для прийому води з поверхневих джерел

Споруди для прийому води з поверхневих джерел повинні забезпечувати безперебійне постачання споживачам води можливо кращої якості в різні часи року. Вирішення цього завдання досягається правильним вибором місця їх розташування (у плані і по глибині), їх типу і конструкції.

Місце знаходження водозабірної споруди в плані слід вибирати якомога ближче до споживача, на стійкій ділянці водойми, в районі найменшого забруднення водойми (на річках - вище населених пунктів, промислових підприємств і ділянок скидання стічних вод), поза осередків можливого утворення шуго зажорів і крижаних заторів, поза областей інтенсивного руху донних наносів і з урахуванням можливості організації зони санітарної охорони. Крім того місце розташування водозабірних споруд на річках вибирають з урахуванням типу руслового процесу (характеру зміни русла).

Глибинне положення місця забору води на річці слід визначати з умови, щоб відстань від низу крижаного покриву (у зимовий період) до верху «приймних вікон» водозабору становила не менше 0,2-0,3 м, а відстань між дном річки і низом «приймних вікон», необхідна для виключення попадання в водозабірну споруда з водою донних наносів, становила не менше 0,7-1,0 м.

У період замерзання льоду вода, переохолоджена до температури мінус 0,02-0,05 °С, кристалізується на завислих частках ґрунту, утворюючи глибинний лід (anchor ice), який переноситься течіями на значні відстані. Такі насичені льодом потоки часто створюють аварійні ситуації на водозабірних спорудах, повністю закупорюючи їх приймальні отвори. Для захисту водозабірних споруд від глибинного льоду потрібно приймати такі заходи:

- розташовувати водозабірні споруди в таких місцях, де не відбувається скупчення шуги (шугозажори);
- зменшувати швидкості течії води через водоприймальні отвори;
- обігрівати решітки водоприймальних отворів підведенням теплої води;
- влаштовувати плавучі запані і короби, огорожувальні водоприймальні отвори (Запані - це плаваючі пристрої (плоти, сітки, бар'єри), які встановлюються перед водоприймальними отворами, щоб затримувати шугу, крижані уламки чи інші перешкоди. Вони ефективно захищають споруди від закупорювання, особливо у зимовий період, коли

існує ризик утворення глибинного льоду або скупчення шуги);

- влаштовувати водоприймальні ковші та ін.

Закупорку водоприймальних отворів можна усувати, також, шляхом очищення решіток скребковими механізмами або промиванням зворотним струмом води.

Водозабірні споруди на річках за конструкцією можуть бути поділені на такі типи:

- берегові (роздільні або поєднані з насосною станцією);
- руслові (з самопливними лініями);
- спеціальні (ковшові, інфільтраційні, з гірських річок, пересувні, плавучі та ін.).

2.1 Водозабірні споруди берегового типу

Водозабірні споруди берегового типу влаштовують при порівняно крутих берегах річок. Принципова схема водозабору цього типу показана на рис. 5.5.

Водозабірна споруда складається з водоприймального берегового колодязя і насосної станції. По фронту водоприймальний колодязь розділяється на окремі секції, число яких приймається рівним двом або числу всмоктуючих ліній. Кожна секція водоприймального колодязя розділена перегородкою на дві камери: приймальню 1 і всмоктувальну 2, куди опускаються усмоктувальні труби 3 насосів 4. Вода з річки надходить у приймальну камеру через отвори, обладнані з зовнішнього боку знімними ґратами, а з внутрішньої сторони - затворами дросельного або шиберного типу.

Ґрати виконують з вертикальних сталевих стрижнів з поперечним перерізом прямокутної або круглої форми. Зазор між стрижнями решітки приймають рівним 40-50 мм. Розміри ґрат визначають з умови пропуску води в прозорах між стрижнями при найбільшій витраті зі швидкістю 0,2-0,6 м/с.

При сильному забрудненні води і наявності шуги приймають менші швидкості.

При великому коливанні рівнів води в річці прийомні отвори виконують у два або три яруси. Верхні отвори служать для забору верхніх, порівняно чистих шарів води, під час паводку. В отвори перегородки між приймальною і всмоктуючою камерами встановлюють сітку з дроту товщиною 1,0 - 1,5 мм з осередками розміром від 2x2 до 5x5 мм. Великі водозабірні споруди обладнають обертовими сітками з безперервним промиванням. Проціджування води через решітки та сітки

забезпечує її попереднє очищення і запобігає пошкодженню обладнання.

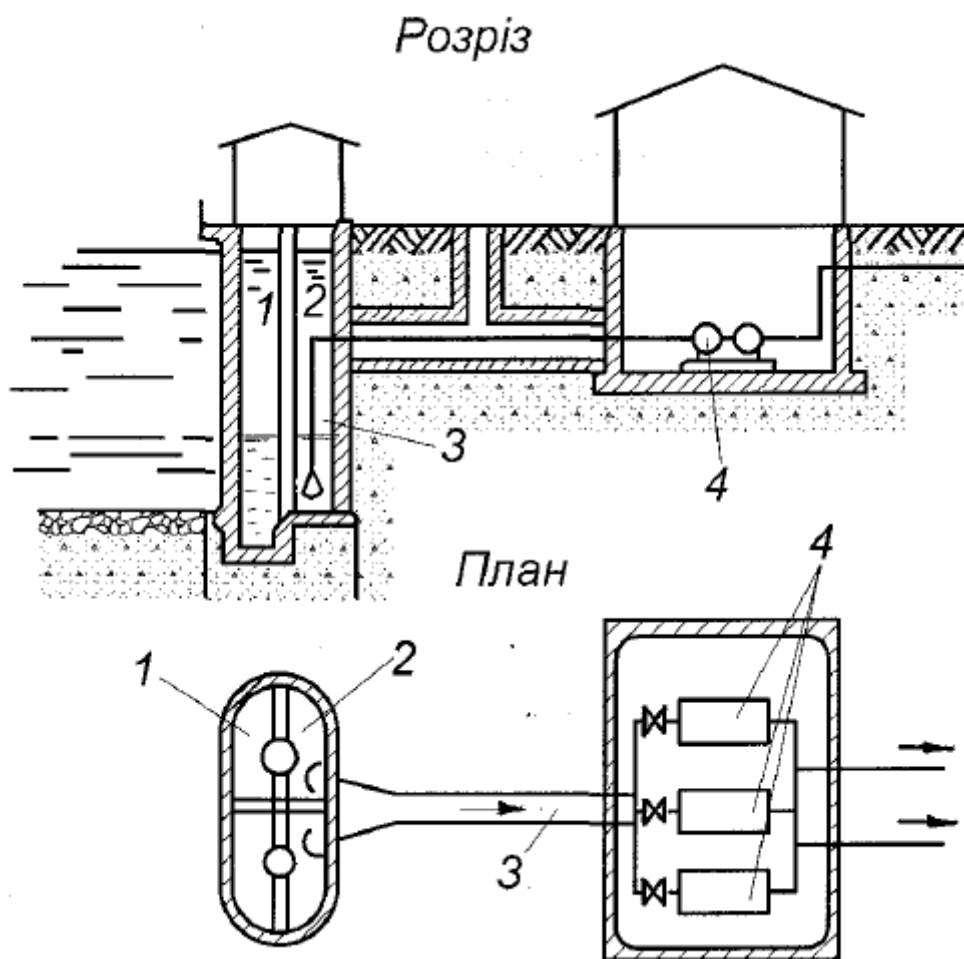


Рисунок 5.5 – Схема роздільної водозабірної споруди берегового типу:

- 1 – приймальна камера; 2 – всмоктувальна камера;
- 3 - усмоктувальні труби; 4 – насоси.

Верх водоприймального колодязя повинен підніматися над самим високим рівнем води (СВРВ) не менше ніж на 0,5 м. Над колодязем споруджують павільйон, з якого управляють устаткуванням.

Роздільні водозабірні споруди берегового типу (рис. 5.5) виконують порівняно рідше суміщених з насосними станціями (рис. 5.6).

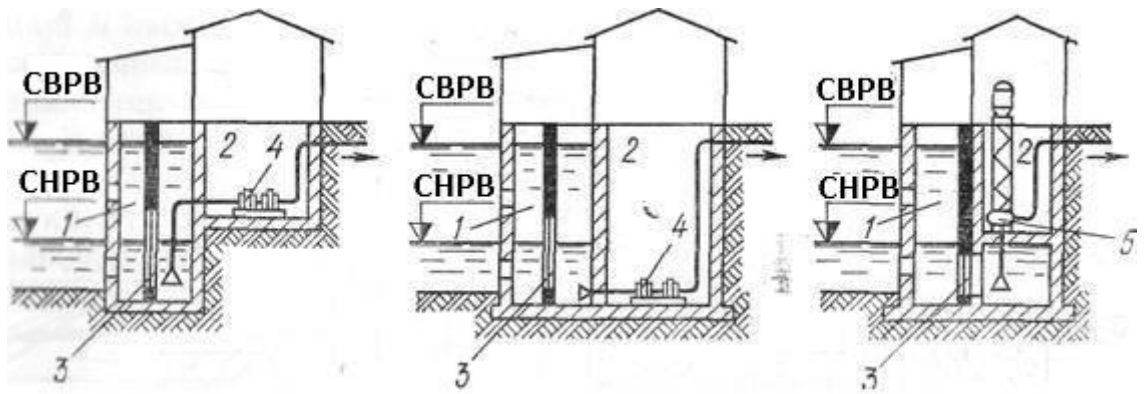


Рисунок 5.6 – Схеми водозабірних споруд берегового типу, суміщених з насосними станціями:

1 - водоприймальне від ділення; 2 - насосний зал, 3 - водоприймальна сітка; 4 - горизонтальний відцентровий насос; 5 - вертикальний відцентровий насос.

Так як в більшості випадків комбіновані водозабірні споруди зводять на нещільних ґрунтах, їх влаштовують із загальним дном для водоприймального колодязя і насосної станції.

1.2. Водозабірні споруди руслового типу

Водозабірні споруди руслового типу влаштовують при порівняно пологих берегах, слабких ґрунтах і малих глибинах води в річці. Схема водозабору цього типу наведена на рисунку 5.7.

Водозабір складається з оголовка 1, самопливних ліній 2, берегового колодязя 3 та насосної станції 4. Вода надходить в береговий колодязь по самопливним лініям. Подальший рух води аналогічний її руху у водозаборі берегового типу.

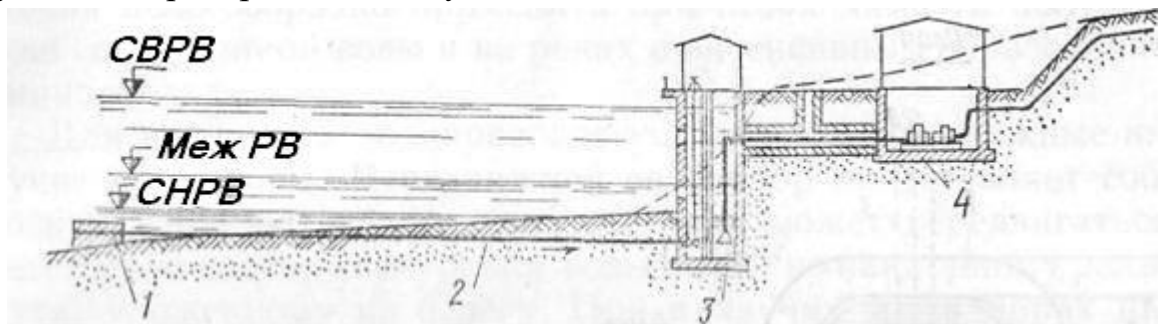


Рисунок 5.7 – Схема водозабірної споруди руслового типу:

1 – оголовок; 2 – самопливні трубопроводи; 3 – береговий колодязь; 4 – насосна станція

У деяких випадках замість влаштування оголовка водозабір берегового типу поєднують із насосною станцією, яку виносять безпосередньо в русло річки. Такий різновид руслового водозабору називають водозабором кріб.

Оголовки служать для закріплення кінців самопливних ліній і прийому води з джерела. Оголовки можуть бути затопленими завжди, затоплювані тільки в паводок і незатоплюваними.

На несудноплавних річках можна виконувати оголовки будь-якої конструкції. При цьому перевагу слід віддавати найбільш простим спорудам: у вигляді розтрубів труб, висунутих в русло річки, або іншої конструкції.

На річках, що використовуються для лісосплаву окремих колод (так званої «міллю»), будують ряжеві оголовки (у вигляді дерев'яних зрубів).

На судноплавних і лісосплавних (плотами) річках проектують оголовки тільки залізобетонні або бетонні в сталевому кожусі, виключаючи таким чином можливість їх пошкодженні суднами або якорями (рис. 5.8). Незатоплювані оголовки мають форму опор мостів з криголамами.

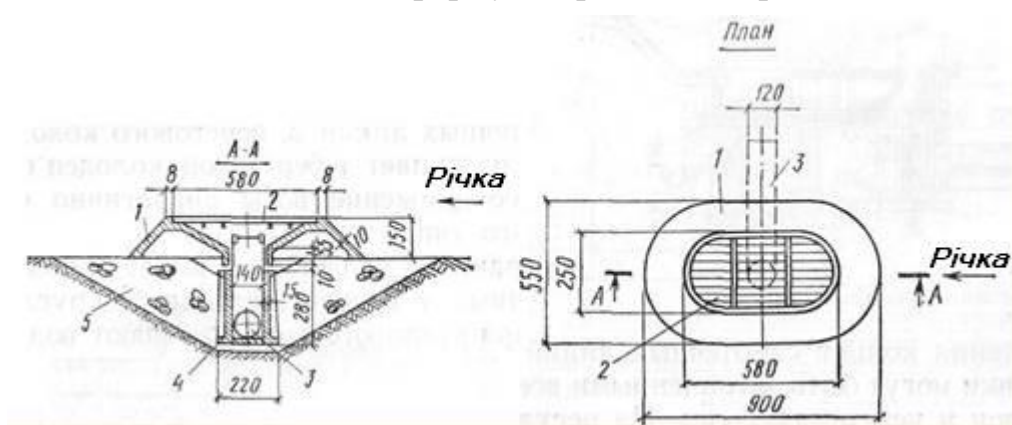


Рисунок 5.8 – Залізобетонний оголовок з горизонтальною решіткою (розміри в см): 1 - грибоподібна частина ; 2 - решітка ; 3 - самопливний трубопровід , 4 - опорна частина ; 5 – кам'яне завантаження.

Самопливні лінії виконують із сталевих, залізобетонних або азбестоцементних труб, або у вигляді залізобетонних галерей.

Число ниток приймається не менше двох. Самопливні лінії слід укладати з ухилом у бік берегового колодязя або у зворотному напрямку залежно від прийнятого напрямку промивки цих ліній. Швидкість руху води в самопливних лініях, щоб уникнути їх засмічення, слід приймати не менше 0,7 - 0,9 м/с. Очищення самопливних ліній від відкладень доцільно виконувати шляхом прямої або зворотної промивки водою. Для цього водозабірні споруди повинні мати необхідне обладнання.

При великій довжині самопливних ліній і високому березі річки їх вигідно замінювати сифонними лініями, глибина закладення яких значно менше.

Берегові колодязі водозаборів руслового типу аналогічні по устрою

водоприймальним береговим колодязям водозаборів берегового типу.

При рівнях води, що значно перевищують СНРВ, і відповідному профілі берега річки для забору води можуть бути використані вікна, показані на схемі рисунку 5.8.

2.3 Спеціальні водозабірні споруди

При утворенні в річці глибинного льоду або при високій мутності води доцільно забирати воду не безпосередньо з річки, а з штучної затоки, так званого ковша. Розміри ковшів визначають з умови спливання глибинного льоду або випадіння завислих речовин.

Проточну швидкість в них приймають рівною 0,05 - 0,2 м/с.

Ковші можуть бути з низовим входом (рис. 5.9, а) – гирло ковша розташоване за течією і з верховим входом (рис. 5.9, б) - гирло проти течії.

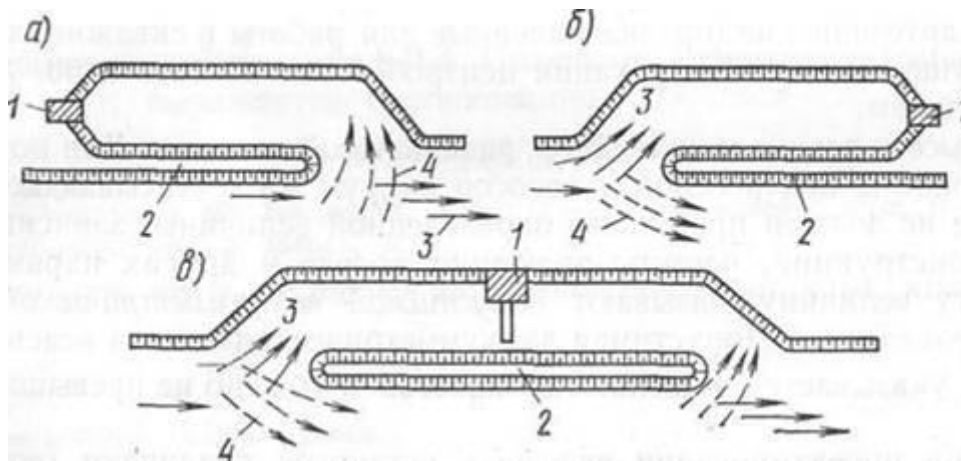


Рисунок 5.9 – Схеми водоприймальних ковшів:

1 - водозабірні споруди; 2 – дамби; 3 - поверхневі струми; 4 - донні струми

В ковші з низовим входом потрапляють в основному придонні струмені, а в ковші з верховим входом - поверхневі струмені. Тому ковш першого типу доцільно застосовувати при боротьбі з глибинним льодом, а ковш другого типу - для освітлення води.

Спарені ковші (рис. 5.9, в) застосовують для боротьби з глибинним льодом і для освітлення води в різні часи року.

Ковші можуть бути вириті у березі річки чи винесені в її русло. У другому випадку ковш відгороджується дамбами. Конструкція споруд для забору води з ковшів не відрізняється від конструкції звичайних річкових водозабірних споруд.

Інфільтраційні водозабірні споруди являють собою свердловини, шахтні колодязі або горизонтальні водозабори, розташовані вздовж річки з піщаними або піщано-гравійними берегами. Такі водозабори забирають річкову воду, що фільтрується через товщу ґрунту. Інфільтраційні водозабірні споруди доцільно застосовувати при необхідності отримання хорошої освітленої води і на річках з інтенсивним утворенням глибинного льоду.

Для тимчасових водопроводів влаштовують пересувні або плавучі водозабори. Пересувний водозабір являє собою насосну станцію легкого типу, яка може пересуватися відповідно зміні рівня води в річці по похилому рейковому шляху, покладеному на березі. При плавучих водозаборах насосні агрегати розміщуються на плавучих засобах: баржах, понтонах і т. п.

Перевагами пересувних і плавучих водозаборів є незалежність прийому води від коливання рівня води в річці і можливість швидкого їх облаштування. Однак вони володіють і істотними недоліками, що полягають в необхідності мати гнучкі з'єднання трубопроводів, а також у важких умовах експлуатації взимку і в період паводків.

Для забору води з водосховищ можна використовувати водозабірні споруди двох типів:

- суміщені з греблями, водоспусками або водоскидами;
- окремо розташовані.

Водозабірні споруди на водосховищах повинні забезпечувати можливість забору води з різних глибин з урахуванням її якості.

Контрольні питання

1. Які типи водозабірних споруд використовуються для забору води з підземних джерел?
2. Які основні функції водозабірних споруд для підземних джерел?
3. Що таке водозабірні свердловини, і в яких випадках вона використовується?
4. Яка конструкція водозабірної свердловини? Перелічіть основні елементи.
5. Які види насосів використовуються у водозабірних свердловинах?
6. Що таке шахтний колодезь? У чому його переваги та недоліки?
7. У яких умовах доцільно використовувати шахтні колодязі для забору води?
8. Як забезпечується якість води у шахтних колодязях?
9. Що таке горизонтальний водозабір? Де він зазвичай застосовується?

10. Яка роль каптажних камер у водозаборі підземних вод?
11. Які переваги горизонтальних водозаборів порівняно зі свердловинами та колодязями?
12. Які основні типи водозабірних споруд використовуються для забору води з поверхневих джерел?
13. У чому полягає особливість проектування водозабірних споруд для поверхневих джерел?
14. Що таке водозбір берегового типу? У яких умовах він використовується?
15. Яка різниця між береговим та русловим водозабором?
16. Які існують спеціальні водозабірні споруди? У яких випадках вони застосовуються?

Лекція №6

Системи і схеми водопостачання

План лекції:

1. Системи водопостачання
2. Схеми водопостачання
 - 2.1 Схеми водопостачання населених пунктів
 - 2.2 Схеми водопостачання промислових підприємств

1 Системи водопостачання

Система водопостачання – це комплекс споруд, інженерних мереж та обладнання, що забезпечує постачання води в необхідній кількості та якості. Основні компоненти системи водопостачання:

Джерела водопостачання:

- природні (річки, озера, підземні водоносні горизонти, артезіанські свердловини);
- штучні (водосховища, резервуари).

Водозабірні споруди – призначені для забору води з джерела (наприклад, насосні станції).

Системи водопідготовки – очищення води до необхідної якості (фільтрація, знезараження, пом'якшення).

Мережі водопостачання:

- трубопроводи для транспортування води до споживачів (магістральні, розподільчі мережі);
- водонапірні башти або резервуари для підтримання стабільного тиску.

Кінцеві споживачі – населення, промислові підприємства, сільське господарство, комунальні об'єкти.

Загальна система водопостачання проектується за умов застосування на виробничі потреби очищеної води. Але не завжди продуктивність джерела питної води є достатньою для забору необхідної кількості води на виробничі потреби. Крім того, проектування кількох розділних систем виробничого водопостачання необхідно для водозабезпечення окремих виробничих підрозділів водою під різним напором.

Протипожежні функції виконують об'єднані водопроводи господарсько-питного та протипожежного призначення. Вибір проектування об'єднаних чи розділених систем водопостачання здійснюється за результатами техніко-економічних розрахунків.

Групові системи водопостачання призначені для водозабезпечення

декількох міст або населених пунктів. Вартість групового водопроводу менша сумарної вартості індивідуальних систем для кожного об'єкту як за капітальними витратами, так і за експлуатаційними витратами.

Всі системи водопостачання можуть бути класифіковані за наступними ознаками:

- за призначенням: водопроводи населених пунктів (міст і селищ); сільськогосподарські водопроводи; системи виробничого водопостачання, які розрізняють за галузями промисловості (водопроводи теплових електростанцій, водопроводи металургійних заводів тощо); групові водопроводи.

- за функціями, які виконуються: господарсько-питні; господарсько-протипожежні; господарсько-виробничі; протипожежні.

- за використанням природних джерел розрізняють наступні водопроводи: водопроводи, в які вода надходить з поверхневих джерел (річкові, озерні, морські); водопроводи, в які вода надходить з підземних джерел; водопроводи змішаного живлення.

- за способами подачі води водопроводи бувають: самопливні (гравітаційні); з механічною подачею води (за допомогою перекачки води насосами).

Виробничі водопроводи за способом використання води поділяють на наступні види: прямоточні системи (системи з однократним використанням води); оборотні системи; системи з повторним використанням води.

2 Схеми водопостачання

Схеми - це структурна модель розташування та взаємодії елементів систем водопостачання або водовідведення на певній території. Вони розробляються з урахуванням: географічних умов; джерел води; кількості та розташування споживачів; обсягу та типу стічних вод.

Основні типи схем:

- централізовані – одна система обслуговує велику кількість споживачів (міста, великі промислові комплекси);
- децентралізовані – окремі системи для окремих об'єктів або районів (сільська місцевість, приватні будинки).

2.1 Схеми водопостачання населених пунктів і промислових підприємств

Склад споруд призначають насамперед залежно від каламутності та кольоровості води джерела і продуктивності очисних споруд. Найчастіше водоочисну станцію розташовують у безпосередній близькості до джерела

водопостачання. Очищену воду збирають у резервуарах чистої води.

Найпоширенішою для невеликих населених пунктів є схема із забором підземної води питної якості (рис. 6.1). Воду забирають із водоносного пласта за допомогою свердловини і подають у водонапірну башту. Щойно бак башти наповниться, насос у свердловині автоматично або вручну вимикається, і вода в башту не надходить. Вода в мережу надходить із башти, яка забезпечує необхідні тиск і витрату. Коли рівень води в баку башти досягне мінімальної позначки, насос у свердловині знову вмикається і вода наповнює бак. Водозабірні свердловини та башту зазвичай розміщують безпосередньо біля мережі. Саме така схема передбачається для першої черги будівництва системи водопостачання.

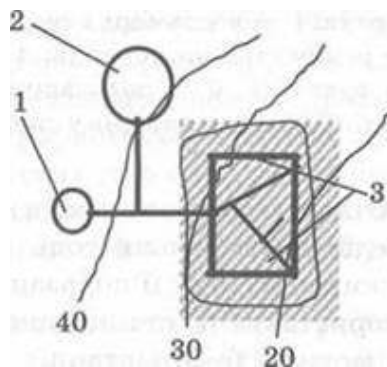


Рисунок 6.1 – Схема водопостачання із забором води питної якості з підземного джерела:

1 - свердловина; 2 - водонапірна башта; 3 - водонапірна мережа

Станцію очищення води між свердловинами та резервуарами передбачають лише тоді, коли якість води не задовольняє споживачів. Резервуари чистої води акумулюють великі об'єми води, які потрібні для регулювання нерівномірності подачі її в мережу та рівномірності подачі. Водоводи транспортують воду у водопровідну мережу, яка безпосередньо розподіляє її між споживачами.

Водопровідна схема великого населеного пункту найчастіше містить такі елементи (рис. 6.2 і 6.3):

1. Поверхнева водойма (річка, озеро, водосховище, ставок тощо), що використовується як джерело водопостачання;
2. Водозабірна споруда, призначена для забору води з водойми;
3. Насосна станція першого підйому (НС-1), що перекачує воду з водойми на споруди очищення води;
4. Водоводи транспортування води від НС-1 на очисні споруди;
5. Споруди з підготовки води питної якості (ОС);
6. Резервуари чистої води (РЧВ) - призначені для зберігання

регульованого обсягу води, протипожежного запасу і технологічного обсягу води на власні потреби очисних споруд;

7. Насосна станція другого підйому (НС-2) - призначена для перекачування питної води від очисних споруд у розподільну мережу населеного пункту;

8 Водоводи транспортування води від НС-2 до розподільчої мережі населеного пункту;

9. Межа селітебної зони населеного пункту;

10 Кільцева розподільна водопровідна мережа населеного пункту - призначена для рівномірного розподілу води по площі населеного міста;

11. Водонапірна башта (ВБ) - призначена для зберігання регульованого об'єму води в разі відмінностей у подачі НС-2 і водоспоживанні населеним пунктом;

12. Вузлові колодязі кільцевої мережі для розміщення запірної арматури;

13. Промислове підприємство (ПП);

14. Трубопровід для подачі технічної води на ПП;

15. Водозабір технічної води;

16. Водозабірні свердловини;

17. Збірний колектор.

На рисунку 6.2 зображено схему водопостачання населеного пункту в разі забору води з поверхневого джерела. Воду забирають за допомогою водозабірної споруди, забезпечуючи приймання води високої якості та попереднє очищення її від найбільших домішок. Тип водозабірної споруди приймається залежно від типу джерела, якості води в ньому, гідрогеологічних, геологічних, топографічних умов, судноплавства тощо. З водозабірних споруд НС-1 забирає воду і перекачує на ОС, де воду освітлюють, знебарвлюють, знезаражують.

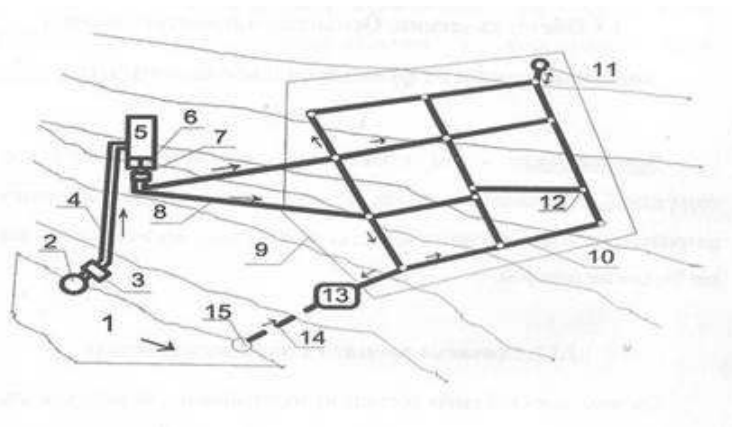


Рисунок 6.2 – Схема водопостачання населеного пункту в разі забору води з поверхневого джерела

На рисунку 6.3 зображено схему водопостачання населеного пункту при заборі води з підземного джерела. Воду забирають за допомогою декількох свердловин і подають у РЧВ.

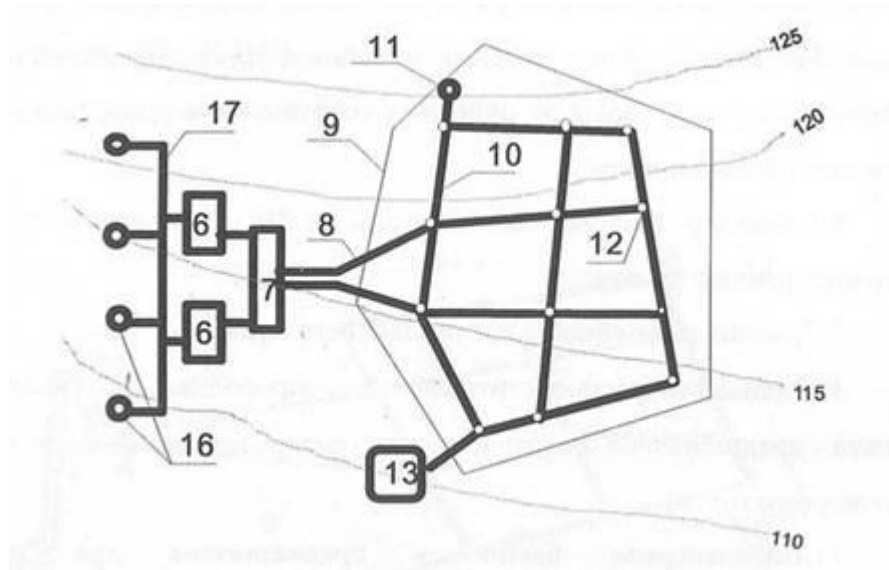


Рисунок 6.3 - Схема водопостачання населеного пункту в разі забору води з підземного джерела

2.2 Схеми водопостачання промислових підприємств

До складу схеми промводопостачання можуть входити такі елементи:

- водозабірна споруда (призначена для відбору води з природного джерела);
- НС-1 (призначена для подачі води в ставок-відстійник або безпосередньо в систему водопостачання);
- ставок-відстійник (служить для попереднього очищення води; у разі потреби доповнюється установками для прояснення води тощо);
- РЧВ (призначений для зберігання певної кількості води і створення напору у низки споживачів у разі відключення системи);
- ставок-накопичувач (призначений для накопичення і зберігання води);
- НС-2 (призначена для створення додаткового напору);
- насосна станція третього підйому (НС-3) (призначена для підйому води в бак-накопичувач водонапірної башти);
- ВБ (призначення - забезпечення необхідного напору у споживачів);
- установка ХВО (хімводоочищення);
- водоводи промислового підприємства;
- запірні і регулювальні апаратура, призначена для забезпечення перемикачів у мережі, регулювання тисків і проведення вимірювань параметрів;
- акумулювальні споруди (резервуари, ємності, баки тощо).

Розташування елементів системи водопостачання на схемі, варіанти їх конструктивного виконання, а також потужність залежать від характеристик підприємства і природного джерела.

Прямоточну схему можна застосовувати в разі наявності поблизу від об'єкта (на відстані до 3 км) потужного джерела води. На рисунку 6.4 наведена схема прямого водопостачання підприємства. Насосна станція 4, яка розташована поблизу водозабірної споруди 5, подає воду для виробничих потреб по мережі 2 до цеху 1. Для господарсько-протипожежних потреб селища 6 й цехів 1 насосна станція 4 подає воду в самостійну мережу 7. Попередньо воду очищують на очисних спорудах 3.

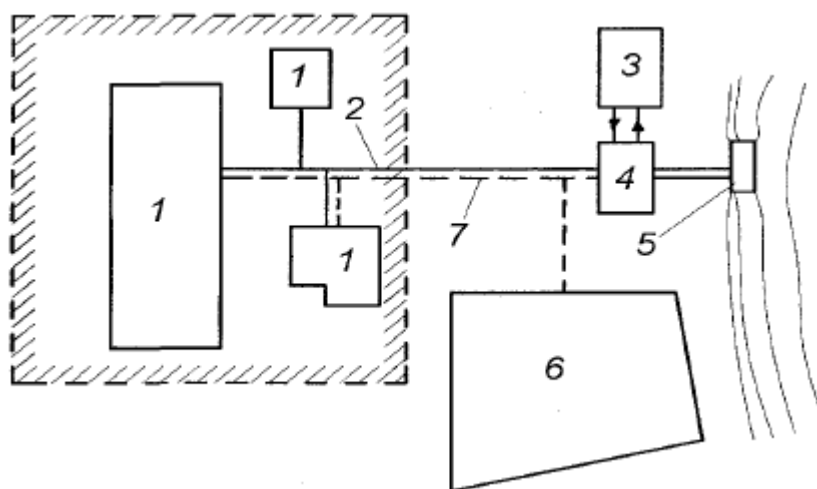


Рисунок 6.4 Схема прямого водопостачання підприємства

На ряді підприємств (хімічні, металургійні та ін.) воду застосовують для потреб охолодження і вона майже не забруднюється, а лише нагрівається.

Якщо серед споживачів технічної води є споживач із великою витратою, скидна вода від якого за кількістю і всіма параметрами може задовольняти інших споживачів, то в цих випадках застосовують систему повторного використання води. Ця система працює за прямоточним режимом, але з джерела забирається тільки та кількість води, яка необхідна споживачеві з великою витратою, а решта використовують його скидну воду.

Ця система дає змогу скоротити кількість природної води, що забирається, і стоків, що скидаються, здешевити всю систему водопостачання.

Схема з повторним використанням води застосовується в тому разі, якщо до складу підприємства входить хоча б один споживач, який задовольняє двом умовам:

- сумарне водоспоживання цього споживача дорівнює або перевищує споживання води всіх споживачів, що залишилися;
- якість скидних вод великого споживача задовольняє технологічним

вимогам решти.

Схема повторного використання води порівняно з прямоочною має такі переваги:

- зменшення кількості води, що забирається з природного джерела;
- зниження кількості стічних вод, що скидаються;
- вартість експлуатаційних витрат у цієї схеми менша, ніж у прямоочної.

Недоліками схеми повторного використання води є:

- вузький діапазон застосування;
- далеко не всі виробництва підприємства дозволяють використовувати стічні води;
- необхідність наявності розгалужених мереж.

Оборотні системи відкривають великі можливості для здешевлення системи водопостачання, скорочення споживання свіжої води і скидання забруднених стоків. У цих системах можна використовувати і ту частину технічної води, яка забруднюється домішками, що порівняно легко видаляються. Після очищення вода повторно використовується (Рис. 6.5).

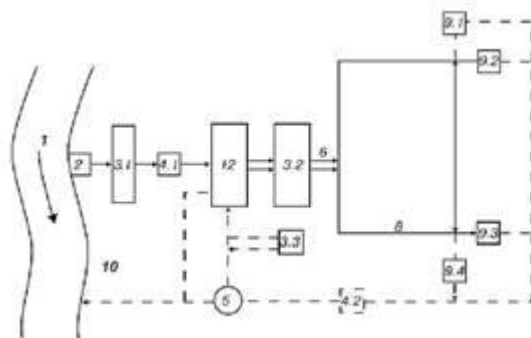


Рисунок 6.5 – Оборотна схема системи виробничого водопостачання:

- 1 - джерело; 2 - водозабірна споруда; 3.1 - НС-1; 3.2 - НС-2;
- 3.3 - НС-3; 4.1 - очисні споруди природної води; 4.2 - очисні споруди стічних вод ПП; 5 - РЧВ; 6 - водоводи; 8 - водонапірна мережа ПП;
- 9.1-9.4 - споживачі води на підприємстві; 10 - лінія скидних вод ПП;
- 12 - пристрої охолодження технічної води

За таких систем оборотного водопостачання для компенсації безповоротних втрат води у виробництві, на охолоджувальних установках (випаровування з поверхні, винесення вітром тощо), на очисних спорудах, а також втрат води, що скидають у каналізацію, здійснюють підживлення з джерел водопостачання (постійно або періодично). Кількість води, що додається, становить 5-10% загальної кількості води, що циркулює в системі.

Оборотні системи застосовуються на підприємствах із розвиненим

виробництвом. Можливість їх використання зумовлена тим, що від 70 до 80% води, що проходить через технологічні установки, тільки нагрівається в системах охолодження і може бути використана повторно.

Переваги:

- істотне скорочення об'єму води, що забирається з природного джерела порівняно з двома попередніми схемами;

- зменшення витрат на будівництво та експлуатацію системи;

- високий рівень очищення скидних вод.

Недоліки:

- обмеженість застосування: для великих і середніх підприємств;

- необхідність наявності розгалужених мереж.

За технічними умовами застосування даної системи може виявитися просто необхідним тому, що дебет наявного природного вододжерела недостатній для здійснення прямого водопостачання.

Необхідність оборотних систем обумовлюється й екологічними вимогами. Застосування оборотних систем дає змогу знизити кількість скидів забрудненої води у водойми.

Безстічні системи технічного водопостачання.

Оборотні безстічні системи є найефективнішими з екологічної точки зору, оскільки дозволяють повністю уникнути скидання стічних вод у природні водойми. У таких системах використовують багатократно очищену суміш промислових та побутових стічних вод, що відповідає всім необхідним технічним, економічним та санітарно-гігієнічним нормам. Завдяки цьому досягається значна економія води та мінімізується негативний вплив на довкілля (Рис. 6.6).

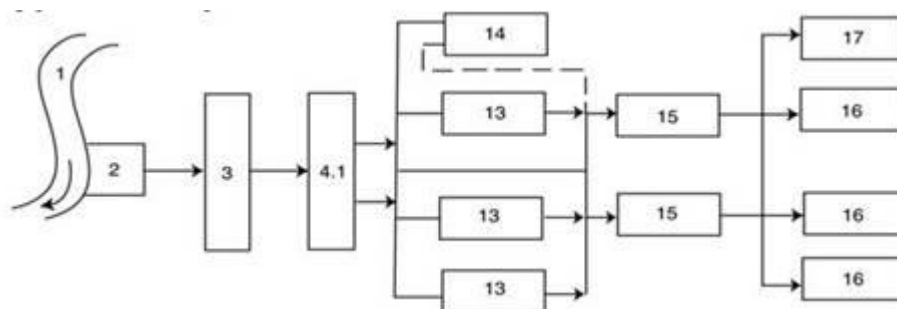


Рисунок 6.6 – Безстічні системи технічного водопостачання:

1 - джерело; 2 - водозабірна споруда; 3 - НС-1;

4.1 - очисні споруди природної води; 13 - вода, що скидається;

14 - ХВО; 15, 16 - споживачі води; 17 - шламове господарство

Безстічні системи водопостачання є найбільш сучасними та екологічно

чистими типами систем. Вони можуть бути побудовані шляхом розвитку, об'єднання конструкцій наявних систем підприємства. Доопрацювання полягає в частковій зміні конфігурації мережі та включенню в систему установок для очищення або утилізації стічних вод і шламів.

Принцип роботи безстічних систем полягає в такому: після забору води з природного джерела та проходженні через водозабірний пристрій 2, насосні станції 3 та очисні споруди природної води 4.1, вода надходить до трубопроводів чистої води, за допомогою якої забезпечуються основні споживачі «чистого» циклу. Частина води надходить на ХВО 14 і спрямовується до споживачів, які висувають підвищені вимоги до води. Сюди ж надходять стічні води споживачів «чистого» циклу. Інша частина стічних вод, що не пройшла очищення, надходить до споживачів «брудного» циклу, водночас обов'язковою умовою є те, що сумарна потужність вод, що скидаються 13, достатня для задоволення потреб групи споживачів 15. Споживачі «безповоротного» циклу виділяють у групу 16 і забезпечуються водою через безповоротну мережу, залишкові нерозчинні елементи накопичуються в шламовому господарстві 17.

Позитивні моменти:

- висока екологічна чистота системи;
- практична реалізація впровадження у виробництво принципів ощадних технологій.

Недоліки:

- висока вартість споруд;
- великі експлуатаційні витрати.

У практиці часто зустрічаються комбіновані системи водопостачання з різними схемами залежно від специфіки виробництва, місцевих умов, напруженості водного балансу тощо. В окремих випадках при основній схемі оборотного водопостачання виконують прямоточну систему для живлення споживачів, які не використовують з тих чи інших причин оборотну воду. Прямоточний водопровід часто об'єднують із господарсько-питним і протипожежним. Нагріта чиста вода із систем окремих цехів за певних умов може бути використана для заповнення втрат у цехах оборотного водопостачання або для живлення установок, на яких допускається застосування нагрітої води.

Таким чином, вибір системи водопостачання залежить від виду джерела, якісних показників води і прийнятої схеми водопостачання.

Контрольні питання

1. Назвіть елементи системи водопостачання.

2. Що таке централізована система водопостачання, і в чому її переваги і недоліки?
3. Які джерела водопостачання є найпоширенішими в Україні?
4. Що таке норма водоспоживання, від чого вона залежить?
5. Чим відрізняються поверхневі та підземні джерела водопостачання?
6. Які основні завдання насосних станцій у системах водопостачання?
7. У чому полягає необхідність водополіпшення для питних потреб?
8. Які міжнародні організації займаються моніторингом стану водних ресурсів?
9. Назвіть основні виклики у сфері водозабезпечення на глобальному рівні.
10. Що таке комбінована схема водопостачання, і коли вона використовується?
11. Як можна підвищити ефективність системи водоспоживання у промисловості?

Лекція №7 «Водопровідні мережі»

План лекції:

1. Водопровідні мережі
2. Трасування водопровідної мережі
3. Розрахунок водопровідних мереж

1 Водопровідні мережі

У водопровідних мережах середніх та великих міст, зазвичай, розрізняють магістральну мережу (діаметри більше від 300 мм) і розподільну (діаметри 100...300 мм).

Водоводи являють собою напірні (або безнапірні) трубопроводи, призначені для транспортування води між окремими спорудами, наприклад, від насосної станції II підйому до водогінної мережі. Для забезпечення надійності водопостачання число ліній водоводів повинне бути не менше двох, які з'єднуються перемичками, сприйняття температурних деформацій влаштовуються компенсатори, а для забезпечення потоку води в одному напрямку на водоводах (найчастіше на насосній станції) встановлюють зворотні клапани.

Водоводи повинні відповідати наступним основним вимогам:

- мати достатню пропускну здатність для подачі необхідної кількості води під необхідним напором;
- витрати на будівництво й експлуатацію водоводів повинні бути мінімальними;
- забезпечувати надійність і безперебійність роботи.

Виконання цих вимог досягається правильним вибором типу мережі та її елементів.

При проєктуванні мережі водопостачання необхідно розв'язувати наступні задачі:

- вибір типу мережі;
- трасування мережі та вибір місця розташування вежі;
- вибір матеріалу труб мережі;
- визначення розрахункових витрат на всіх ділянках мережі;
- визначення діаметрів всіх ділянок мережі;
- визначення витрат напору в мережах;
- визначення п'єзометричних позначок у вузлах мережі та побудова п'єзометричних ліній;

- визначення необхідної висоти водонапірної вежі та напору насосів, які подають воду в мережу;

- конструювання водопровідної мережі та вибір обладнання.

Тип водопровідної мережі при її проектуванні вибирається з урахуванням вимог споживачів. З урахуванням необхідної надійності водопровідні мережі бувають:

- тупиковими або розгалуженими (рис.7.1, А);

- кільцевими (замкнутими) (рис.7.1, Б);

- комбінованими (змішаними) (рис.7.1, В).

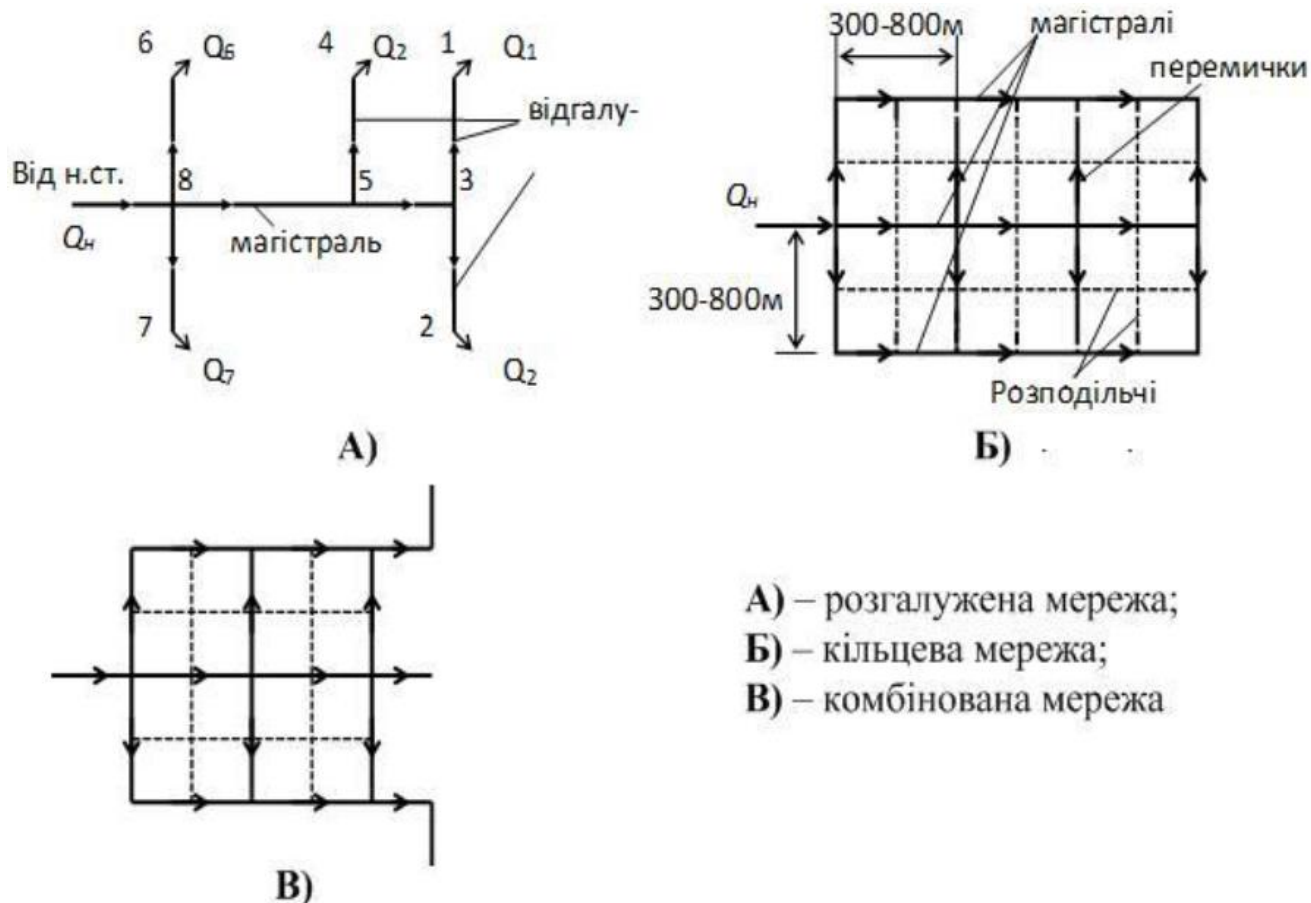


Рисунок 7.1 – Види водопровідних мереж

При аваріях на головних ділянках тупикової (розгалуженої) мережі надходження води в наступні за ними ділянки припиняється. При аварії на головних ділянках кільцевої мережі аварійна ділянка відключається, але до інших ділянок подається вода.

В кільцевій мережі зменшується кількість гідравлічних ударів. Але кільцева мережа має більшу вартість, бо вона довшіа. Тому кільцева мережа проектується у випадках, коли необхідно забезпечити безперебійність водопостачання (господарсько-питні мережі, об'єднані господарсько-питні й протипожежні мережі, виробничі мережі, протипожежні мережі).

Тупикові мережі проєктують у тих випадках, коли безперебійність водопостачання не є визначальною (для невеликих населених пунктів, виробничих водопроводів).

2 Трасування водопровідної мережі

Раціональність трасування мереж, їх геометричний нарис у плані впливають на техніко-економічні показники роботи.

Трасування водопровідної мережі визначається: з урахуванням наступних факторів:

- планування об'єкту водоспоживання, розміщення окремих споживачів води, проїздів, форми та розмірів житлових кварталів, зелених насаджень;

- природних і штучних перешкод під час прокладання труб (річок, каналів, ярів, залізничних колій);
рельєфу місцевості.

При трасуванні водопровідних мереж слід виходити з того, що магістральні лінії повинні рівномірно охоплювати об'єкт водопостачання. Вони повинні проходити по головним напрямкам руху води. Крім того, необхідно забезпечити подачу води в окремі райони та до великих підприємств найбільш короткими шляхами, але не менше, ніж за двома напрямками. Магістралі слід прокладати по місцевості з найвищими геодезичними позначками перпендикулярно до перешкод. Відстань між поздовжніми магістральними лініями та магістральними перемичками повинна бути в межах 300÷800 м. Розподільчі мережі трасують вздовж проїздів так чином, щоб відстань між ними була в межах 250÷300 м. Враховуючи значну протяжність водопровідних мереж, фахівці роблять висновок про доцільність розподілу мереж водопостачання на менші підсистеми – сектори.

Після трасування водопровідної мережі на місцевості з найвищими геодезичними позначками встановлюється водонапірна вежа.

Вибір матеріалу та класу міцності труб для водоводів і водопровідних мереж слід здійснювати за результатами гідравлічного розрахунку з врахуванням санітарних умов, агресивності ґрунту і води, а також умов експлуатації трубопроводів. Для напірних водоводів і мереж, як правило, слід використовувати неметалеві труби: залізобетонні напірні, азбестоцементні водопровідні, поліетиленові, а також чавунні напірні труби. Для водоводів можуть також використовуватись сталеві труби.

3. Розрахунок водопровідних мереж

Для визначення розрахункових витрат на окремих ділянках водопровідної мережі необхідно визначити фактичні витрати води у вузлах мережі. Якщо кількість водорозбірних вузлів невелика і витрата в кожному вузлі визначена, то в розрахунковій схемі можна врахувати всі ці витрати, що не можна зробити при розрахунку мереж з великою кількістю вузлів.

Розглянемо ділянку такої мережі. Точку відбору води з мережі будемо називати вузлом, лінію між двома вузлами – ділянкою мережі. Нехай вода надходить у вузол 3 від насосної станції та рухається мережею в заданому напрямку, як показано на рисунку 7.2.

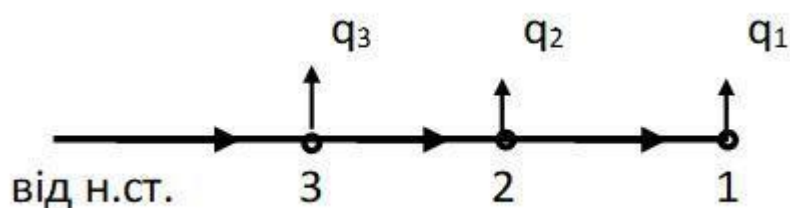


Рисунок 7.2 – Схема розбору води з тупикової мережі

q_1, q_2, q_3 – вузлові витрати води; н.ст. – насосна станція

Тоді витрата води на кожній ділянці визначається за формулами

$$q_{1-2} = q_1; \quad (7.1)$$

$$q_{2-3} = q_1 + q_2; \quad (7.2)$$

$$q_{н.ст.} = q_1 + q_2 + q_3, \quad (7.3)$$

Для ділянок міських водопровідних мереж з урахуванням приєднання розподільних мереж схема фактичного розбору води з мережі бути виглядати так, як показано на рисунку 7.2.

Витрати води, які відбираються з окремих вузлів, називаються зосередженими витратами. Фактична схема відбору води з мережі буде мати дуже велику кількість зосереджених витрат.

Щоб зменшити кількість розрахунків мереж, застосовують спрощену схему водоспоживання з них. Для цього умовно приймається, що вода рівномірно розбирається з одиниці довжини мережі. Витрата, яка відбирається з одиниці довжини, називається питомою витратою і визначається за формулою

$$q_{пит.} = Q_m / \sum l, \quad (7.4)$$

де Q_m – загальна витрата води в мережі для розрахункового режиму, л/с;

$\sum l$ – сумарна довжина ліній, м.

При визначенні питомої витрати окремі споживачі повинні

враховуватись у вигляді зосереджених відборів. Тоді питома витрата буде визначатися за формулою

$$q_{пит.} = (Q_M - Q_{зос}) / \sum l, \quad (7.5)$$

де $Q_{зос}$ – сумарна зосереджена витрата міста, л/с.

В містах питоми витрати визначаються окремо для кожного району.

Виконується гідравлічний розрахунок тільки магістральної мережі, тому у сумі $\sum l$ враховується тільки довжина магістралей. При цьому в значення суми $\sum l$ не слід зараховувати довжину магістралей, які забезпечують тільки транспортування, а не розбір води (ділянки, які проходять по незабудованій території, ділянки, якими відбувається транспортування води транзитом). При односторонньому відборі води з ділянки магістральної мережі у сумі $\sum l$ враховується тільки половина довжини цієї ділянки.

При розрахунку мережі питома витрата визначається за окремі розрахункові години (годину максимального водоспоживання, годину максимального водоспоживання при пожежі, годину максимального транзиту води у вежу для мереж з контррезервуарами).

Фактична схема розбору води показана на рисунку 7.3.

Витрата, яка рівномірно розподіляється по довжині ділянки, називається шляховою витратою.

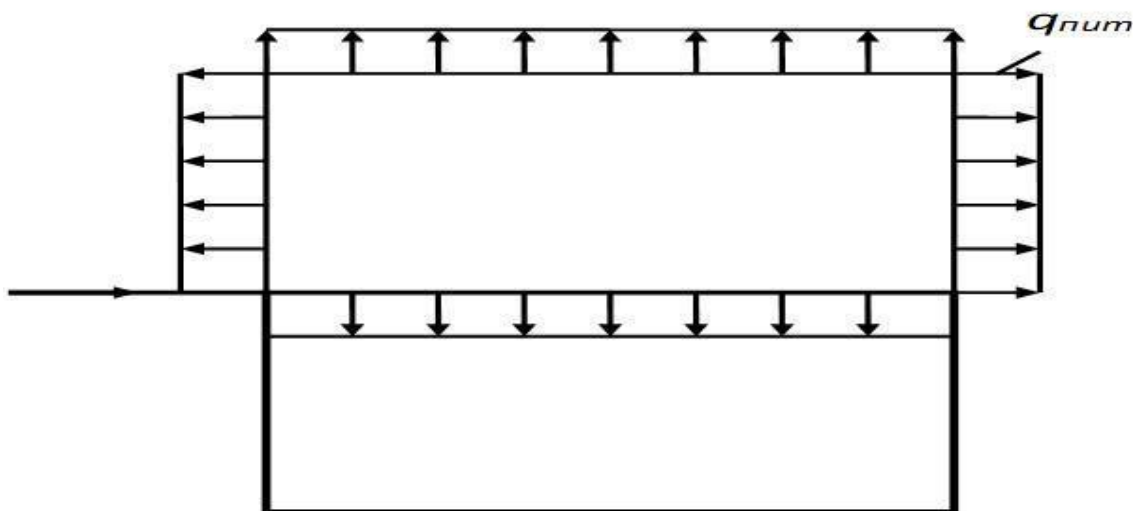


Рисунок 7.3 – Схема фактичного розбору води з кільцевої водопровідної мережі

Шляхова витрата дорівнює:

$$Q_{шл} = q_{пит.} \times l_{дйл.}, \quad (7.6)$$

де $l_{дйл.}$ – довжина ділянки.

Якщо вся мережа міста поділена на ділянки і для кожної ділянки

визначені значення шляхових витрат $Q_{шл}$, то для всієї мережі сумарні шляхові витрати $\Sigma Q_{шл}$ можна визначити за формулою

$$\Sigma Q_{шл} = Q_M - Q_{зос}, \quad (7.7)$$

де $\Sigma Q_{шл}$ – сума шляхових витрат;

Q_M – загальна витрата води в мережі;

$Q_{зос}$ – зосереджена витрата.

Якщо фактичну схему розбору води з мережі замінити рівномірним відбором, то її ділянками проходилимуть змінні витрати. У початковий вузол ділянки надходить витрата $Q_{шл}$, яка повністю розбирається на цій ділянці, як показано на рисунку 7.4, А. Якщо цією ділянкою пройдётиме ще й транзитна витрата, то вона залишиться в кінці ділянки (рис.7.4, Б).

Виходить, що треба визначати втрати напору для змінних витрат води.

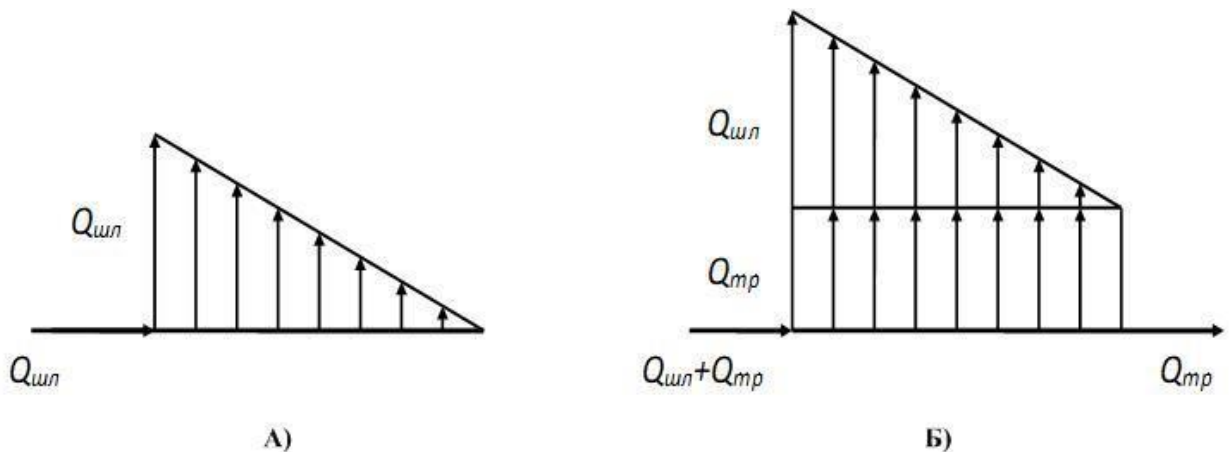


Рисунок 7.4 – Розрахункові схеми відбору води в мережі:

$Q_{тр}$ – транзитна витрата; $Q_{шл}$ – шляхова витрата

При визначенні втрат напору на ділянці зі змінною витратою за розрахункову приймається еквівалентна витрата, тобто постійна витрата, при якій спостерігаються такі ж втрати напору, як і при інших витратах:

$$Q_{екв} = \alpha \cdot Q_{шл}, \quad (7.8)$$

де α – коефіцієнт, який враховує довжину ділянки.

Якщо взяти не кінцеву, а середню ділянку мережі, тоді розрахункова витрата буде визначатись за формулою

$$Q_{діл} = Q_{тр} + \alpha \cdot Q_{шл}. \quad (7.9)$$

Коефіцієнт еквівалентності α залежить від співвідношення між значенням транзитної витрати і шляхової, приймається в межах $0,5 \div 0,58$. Із збільшенням значення $Q_{тр}/Q_{шл}$ коефіцієнт α наближається до значення

$\alpha=0,5$, а зі зменшенням – до $\alpha=0,58$. Для спрощення розрахунків приймається значення $\alpha=0,5$. Тоді розрахункова витрата ділянки Q_p визначається за формулою

$$Q_p = Q_{mp} + 0,5 \cdot Q_{шл}. \quad (7.10)$$

Якщо замінити рівномірно розподілений розбір води з ділянки відбором на її початку і в кінці, тобто, вузловими витратами, то всі шляхові витрати на ділянках замінюються двома рівними зосередженими витратами на початку і в кінці ділянки. Значення вузлових витрат води $Q_{вузл.}$ визначаються за формулою

$$Q_{вузл.} = 0,5 \cdot Q_{шл}. \quad (7.11)$$

Для вузлів, до яких приєднується більше однієї ділянки, вузлові витрати визначаються за формулою

$$Q_{вузл.} = 0,5 \cdot \sum Q_{шл}. \quad (7.12)$$

де $\sum Q_{шл}$ – сума шляхових витрат ділянок, які приєднуються до вузла.

Враховуючи, що значення питомої витрати $q_{нит}$ для окремого міського району є величиною постійною, можна визначити значення витрати $Q_{вузл.}$ без визначення шляхової витрати $Q_{шл}$ за формулою

$$Q_{вузл.} = 0,5 \cdot q_{нит} \cdot \sum l, \quad (7.13)$$

де $\sum l$ – сума довжин ділянок, які приєднуються до вузла.

Для вузлів, які розташовані на межі двох районів, вузлові витрати визначаються за формулою

$$Q_{вузл.} = 0,5 \cdot q'_{нит} (\sum l' + 0,5 \cdot \sum l_{заг}) + 0,5 \cdot q''_{нит} (\sum l'' + 0,5 \cdot \sum l_{заг}) \quad (7.14)$$

де $q'_{нит}$ – питома витрата першого району;

$q''_{нит}$ – питома витрата другого району;

$\sum l'$ – сума довжин ділянок, які приєднуються до вузла і розташовані в першому районі;

$\sum l''$ – сума довжин ділянок, які і приєднуються до вузла і розташовані у другому районі;

$\sum l_{заг}$ – сума довжин ділянок, які приєднуються до вузла і розташовані на межі між районами.

Таким чином, кінцева розрахункова схема відбору води з кільцевої мережі з урахуванням вузлових витрат наведена на рисунку 7.5.

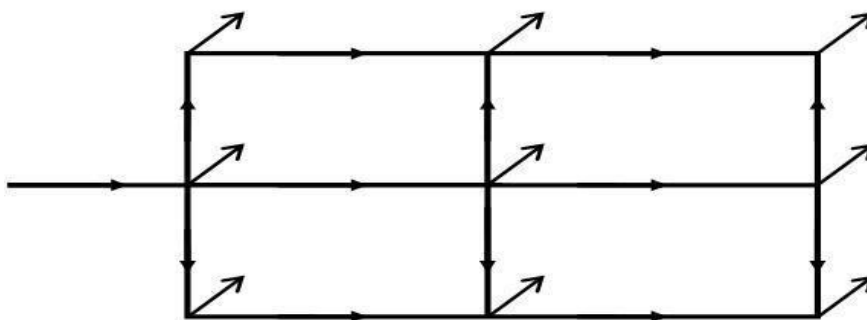


Рисунок 7.5 – Розрахункова схема розбору води з кільцевої водопровідної мережі

Розрахункова схема дозволяє визначити витрати на ділянках, розрахунок треба починати з вузлів, в яких сходяться потоки води. За відомими розрахунковими витратами можна визначити діаметри цих ділянок. Витрата води визначається за формулою

$$Q = v \times w = (\pi D^2/4) \times v = 0,785D^2 \times v, \quad (7.15)$$

$$D = (4Q/\pi \times v)^{0,5} = (1,27 \times Q/v)^{0,5}, \quad (7.16)$$

де Q – витрата води;

v – швидкість руху води;

w – площа поперечного перетину;

D – діаметр ділянки.

З урахуванням забезпечення герметичності трубопроводів максимальна швидкість руху води $V_{\text{макс}}$ у металевих трубах приймається $V_{\text{макс}} = 8$ м/с, у неметалевих – $V_{\text{макс}} = 4$ м/с. Але така швидкість є небезпечною, тому що зростає вірогідність гідравлічного удару. Тому фактичні швидкості повинні бути менше, ніж максимальна.

Зі зменшенням швидкості збільшується діаметр, отже, і вартість ділянки. Але зі зменшенням швидкості руху води в трубах зменшуються витрати енергії на підйом води, тому що зменшуються втрати напору в трубопроводах.

Контрольні питання

1. Які типи мереж розрізняють у водопровідних системах середніх і великих міст?
2. Які основні вимоги висуваються до водоводів?
3. Що таке магістральна і розподільча мережа?
4. Для чого встановлюють зворотні клапани у водоводах?
5. Чому кількість водоводів повинна бути не менше двох?
6. Які фактори враховуються при трасуванні водопровідної мережі?
7. Що означає "розподіл мережі на сектори", і чому це важливо?

8. Як розташовують магістральні лінії відносно рельєфу місцевості?
9. Чому водонапірну вежу розташовують на місцевості з найвищими геодезичними позначками?
10. Які матеріали рекомендується використовувати для напірних водоводів і чому?
11. Що таке зосереджена витрата, і як вона враховується при розрахунках?
12. Як визначається питома витрата води для міських районів?
13. Що таке шляхова витрата води, і як вона розраховується?
14. Як визначається еквівалентна витрата для ділянки зі змінною витратою?
15. Як визначаються вузлові витрати води для окремих ділянок мережі?
16. Як враховується витрата води у вузлах, розташованих на межі двох районів?
17. Що таке транзитна витрата, і як вона впливає на розрахунок ділянки?
18. Які діаметри труб рекомендується вибирати залежно від швидкості руху води?
19. Чому швидкість руху води не повинна перевищувати максимальних значень, навіть у металевих трубах?

Лекція №8

«Гідралічний розрахунок водопровідної мережі»

Найпоширенішою під час гідралічного розрахунку водопроводів зі сталевих і чавунних труб є формула Павловського:

$$h = 0,0014822 \frac{Q^2 L}{D^{5,33}} \quad (8.1)$$

де, h - втрати напору по довжині, м; Q - секундна витрата, м³/с; L - довжина трубопроводу, м; D - внутрішній діаметр труб, м. Формула враховує нормальне забруднення труб ($n = 0,012$ (коефіцієнт шорсткості)).

Зазначена формула може бути представлена у вигляді:

$$h = AKLQ^2 \text{ або } h = sQ^2 \text{ при } V \geq 1,2 \text{ м/с } K = 1, \quad (8.2)$$

де A - питомий опір $\left(A = \frac{0,0014822}{D^{5,33}} \right)$; s - питомий опір ділянки довжиною L , або

модуль втрати напору даної ділянки, що дорівнює AKL .

Питомий опір залежить тільки від матеріалу і діаметра труб. Для сталевих і чавунних труб A і K наведені в табл. 8.1.

Таблиця 8.1 - Зведена таблиця для знаходження A , K і V

D, м	Величина питомого опору A для Q в м ³ /с (для q в л/с · 10 ⁻³)				D, м	Величина питомого опору A для Q в м ³ /с (для q в л/с · 10 ⁻³)			
	0,2	0,25	0,3	0,35		0,45	0,5	0,55	0,6
0,050	12900				0,250	2,41			
0,075	1480				0,300	0,911			
0,100	319,4				0,350	0,401			
0,125	97,2				0,400	0,196			
0,150	36,7				0,459	0,105			
0,200	7,92				0,500	0,0598			
V, м/с	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6
K	1,41	1,33	1,28	1,24	1,20	1,175	1,15	1,13	1,115
V, м/с	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	1,0	1,1	1,2
K	1,10	1,085	1,07	1,06	1,05	1,04	1,03	1,015	1,0

Основними факторами, що визначають діаметр ділянки водопровідної мережі, є розрахункова витрата і швидкість:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \Leftrightarrow V = \frac{4Q}{\pi D^2} \Leftrightarrow Q = \frac{\pi D^2 V}{4}, \quad (8.3)$$

де, D - внутрішній діаметр, м; V - середня економічна швидкість, м/с; Q - розрахункова витрата, м³/с. Для спрощення розрахунків можна скористатися таблицею граничних витрат, складеною М. М. Абрамовим на підставі формул Л. Ф. Мошніна (табл. 8.2).

Таблиця 8.2 – граничних витрат

D, мм	Граничні економічні витрати, л/с		Граничні економічні швидкості, м/с	
	найменша	найбільша	найменша	найбільша
100	–	5,4	–	0,71
125	5,4	9,0	0,45	0,73
150	9,0	15,0	0,51	0,85
200	15,0	28,5	0,48	0,91
250	28,5	45,0	0,53	0,92
300	45,0	68,0	0,64	0,96
350	68,0	96,0	0,71	1,00
400	96,0	130,0	0,76	1,04
450	130,0	168,0	0,82	1,06
500	168,0	237,0	0,86	1,21
600	237,0	355,0	0,84	1,26
700	355,0	490,0	0,93	1,27
800	490,0	685,0	0,98	1,36
900	685,0	882,0	1,07	1,38
1000	882,0	1120,0	0,12	1,46
1100	1120,0	1390,0	1,22	–
1200	1390,0	–	1,22	–

Величина втрат напору на місцеві опори враховується введенням коефіцієнта 1,05 - 1,10 залежно від кількості фасонних частин і арматури на трубопроводі.

Під час розрахунку новопроектованої кільцевої мережі для кожної ділянки невідомими є діаметр і витрата, тобто загальне число невідомих дорівнює подвійному числу ділянок. Число можливих рівнянь визначають з умови. Що сума лінійних (шляхових) і вузлових витрат для даного вузла дорівнюють нулю:

$$\sum q + Q = 0, \quad (8.4)$$

де, q - шляхові витрати в підходящих до вузла трубопроводах, Q - вузлова витрата, що відбирається з мережі в даній точці ($Q_{\text{вузл}}$ або $Q_{\text{вузл}} + Q_{\text{п}}$).

Для кожного замкнутого контуру або кільця алгебраїчна сума втрат напору на всіх ділянках, що складають кільце, дорівнює нулю (вважаючи умовно позитивними втрати на ділянках, де вода рухається за годинниковою стрілкою, і негативними - проти годинникової стрілки): $\Sigma H = 0$.

Загальна кількість рівнянь менша, ніж кількість невідомих, і завдання розрахунку кільцевої мережі є невизначеним. Внаслідок цього в практиці проектування кільцева мережа розраховується методом поступового наближення різними практичними прийомами.

Порядок розрахунку наступний:

- визначають шляхові та зосереджені витрати і «прикидають» їх у вузлах;

- розподіляють транзитні витрати за окремими ділянками з дотриманням рівності. При цьому враховують розташування окремих споживачів, до яких вода повинна подаватися найкоротшими шляхами, а також приблизну рівність транзитних витрат по основних паралельних магістралях;

- на підставі намічених (розрахункових) витрат q окремих ділянок за середнім гідравлічним ухилом або за економічними швидкостями визначають їхні діаметри;

- за витратами і діаметрами знаходять втрати напору h з дотримання рівності $\Sigma h = 0$. За відносно довільного початкового розподілу витрат у більшості кілець $\Sigma h \neq 0$, але $\Sigma h = \Delta h$ - нев'язка;

№ кільця	№ діл.	Довжина діл. l , м	Діаметр D , мм	Питомий опір $A \cdot 10^{-6}$	Попередній розподіл витрат					
					q , л/с	v , м/с	k	$S = A \cdot k \cdot l \cdot 10^{-3}$	$h = \frac{S \cdot q^2}{1000}$	$S \cdot q \cdot 10^{-3}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

- перерозподіляють витрати води по окремих гілках із дотриманням умови шляхом перекидання ув'язувальних витрат Δq з одних гілок на інші. Ув'язку мережі виконують послідовно кілька разів, доти, доки нев'язка по кільцю буде зведена приблизно до 0,3 - 0,5 м.

I виправлення			
Δq , л/с	q , л/с	$h = S \cdot q^2$	$S \cdot q \cdot 10^{-3}$

- величину ув'язувальної витрати Δq для кожного кільця знаходять із рівності:

$$\Delta q_i = \frac{\Delta h_i}{2 \sum (sq)_i}, \quad (8.5)$$

де, s і q - опір і витрата ділянок, що складають кільце.

Під час ув'язки кільця водопровідної мережі позитивні ув'язувальні витрати повинні додаватися до позитивних витрат ліній і відніматися від негативних витрат, а негативні - навпаки, відповідно ув'язувальні витрати виписуються навпроти кожної ділянки кільця зі знаком плюс або мінус.

Під час визначення ув'язувальних витрат ліній, які належать двом суміжним кільцям, необхідно враховувати ув'язувальні витрати суміжних кілець: так, якщо $\Delta h > 0$, то Δq мають бути спрямовані проти годинникової стрілки.

Контрольні питання:

1. В чому полягає гідравлічний розрахунок водопровідної мережі?
2. Дайте визначення зосередженої, питомої, шляхової та розрахункової витрат.
3. Наведіть послідовність гідравлічного розрахунку кільцевої водопровідної мережі.
4. Дайте визначення ув'язки мережі та наведіть методи її визначення.

Лекція №9

«Напори у водопровідних мережах»

План Лекції:

1. Поняття про необхідні і фактичні напори у водопровідних мережах.
2. Невигідний вузол в мережі і його знаходження.
3. Характер п'єзометричних ліній в системі з вежею на початку мережі.
4. Характер п'єзометричних ліній в системі з контррезервуаром при господарсько-питному водоспоживанні.

1. Поняття про необхідні і фактичні напори у водопровідних мережах.

Для того, щоб можна було забезпечити споживачів водою, її необхідно подавати з деяким напором, який залежить як від конструкції мережі, так і від геометричної висоти розташування споживачів над поверхнею землі. Розглянемо будинок з внутрішніми водорозбірними вузлами (рис.9.1).

Для того, щоб вода піднялась до найвище розташованого санітарно-технічного приладу «б», тиск у вузлі «А» повинен бути достатнім для підйому води на задану висоту і на вилив, а, крім того, він повинен забезпечувати подолання всіх втрат напору на шляху руху води від вузла «А» до споживача.

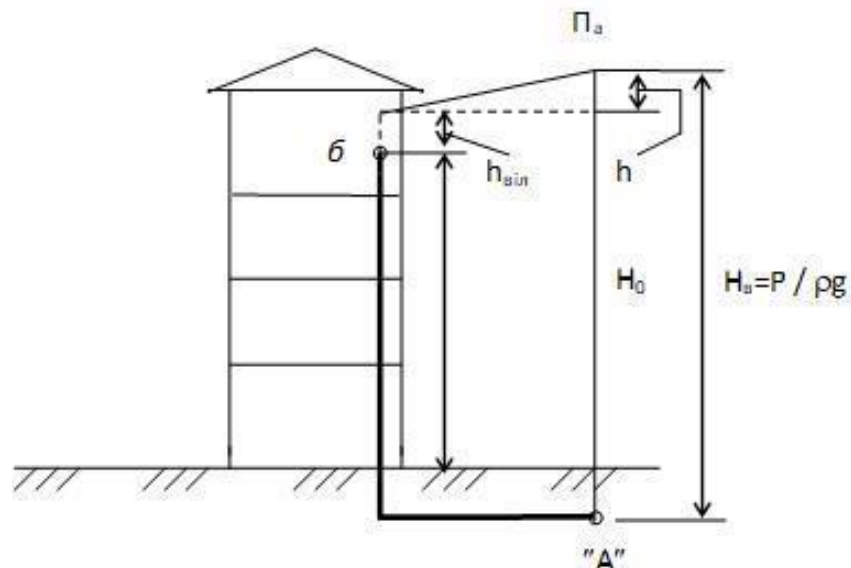


Рисунок 9.1 – Схема подачі води в будинок:

$h_{віль}$ – вільний напір; h – сумарні втрати напору; H_0 – геометрична висота;
 H_a – вільний напір; P – тиск води у трубопроводі

Необхідний напір визначається за формулою

$$H_n = H_0 + h + h_{вил.}, \quad (9.1)$$

де H_0 – геометрична висота підйому до водорозбірного вузла;

h – сумарні втрати напору в трубопроводах від вузла «А» до вузла водоспоживання;

$h_{вил.}$ – вільний напір, який необхідно забезпечити перед водорозбірними кранами для виливу;

H_n – мінімальний необхідний напір для нормального водопостачання.

Якщо напір у вуличній магістралі буде не менше необхідного H_n , то вода буде надходити до приладів безпосередньо з вуличної мережі. Напір у вуличній магістралі у вузлі підключення внутрішньої водопровідної системи називається вільним напором

Для відомої величини тиску P у вуличній магістралі вільний напір або висота, на яку підніметься вода в п'єзометричній трубці, якщо її встановити у даному вузлі, визначається за формулою

$$H_e = P/(\rho \times g), \quad (9.2)$$

де P – тиск води в трубопроводі;

Z – абсолютна позначка;

ρ – густина води;

g – прискорення вільного падіння.

Величина п'єзометра визначається за формулою

$$\Pi = Z + P/(\rho g), \quad (9.3)$$

де Z – позначка поверхні землі.

Якщо значення тиску P вимірюється у $\text{кг}/\text{см}^2$, то вільний напір становить

$$H_e \cong 10 P \text{ м.вод.ст.} \quad (9.4)$$

Якщо значення тиску P вимірюється в Мпа, то вільний напір становить

$$H_e \cong 100 P. \quad (9.5)$$

При проектуванні системи водопостачання значення вільного напору H_v приймають рівним значенню необхідного напору H_n :

$$H_v = H_n. \quad (9.6)$$

Очевидно, що величина H_n залежить від кількості поверхів в будинку. Відповідно до норм для одноповерхової забудови вільний напір повинен бути не менше 10 м, а при більшій кількості поверхів на кожен поверх додають 4 м. Тоді напір визначається за формулою

$$H_n = 6 + 4 \times n, \quad (9.7)$$

де n – кількість поверхів у будівлі.

2 Невигідний вузол в мережі і його знаходження.

У всіх вузлах водопровідної мережі при нормальній роботі повинні

бути забезпечені необхідні напори. Якщо всі будинки в місті будуть мати однакову кількість поверхів, то необхідні вільні напори для них будуть однаковими. Неможливо забезпечити напори рівними необхідним у всіх вузлах мережі. Якщо забезпечити необхідний вільний напір у вузлі, розташованому у найбільш несприятливому місці, то у будь-якому іншому вузлі буде виконуватися умова:

$$H_v > H_n \quad (9.8)$$

Такими несприятливими вузлами можуть бути найвищі та найбільш віддалені вузли від місця надходження води в мережу. В загальному випадку для забезпечення необхідного напору в найбільш несприятливому або критичному вузлі треба забезпечити найбільшу п'єзометричну позначку у вузлі підключення водоводів до мережі.

Для визначення критичного вузла треба перевірити найбільш віддалені вузли, визначити п'єзометричну позначку у вузлі підключення водоводів $\Pi_{1(i)}$, по відношенню до цих вузлів за формулою

$$\Pi_{1(i)} = Z_i + H_{n.i.} + \sum h_{i-1}, \quad (9.9)$$

де Z_i – геодезична позначка i -ого вузла;

$H_{n.i.}$ – необхідний мінімальний напір в i -му вузлі;

$\sum h_{i-1}$ – сумарні втрати напору на шляху від i -го вузла до вузла, в якому водоводи приєднуються до мережі.

Вузол, відносно якого була визначена максимальна п'єзометрична позначка, і є критичним або невідгідним.

Критичний вузол визначає не тільки напори в мережах, але й напори для інших споруд. Розглянемо шлях руху води від невідгідного вузла до вузла приєднання водоводів (рис. 9.2). Нехай профіль має такий вигляд, як показано на рисунку 9.2.

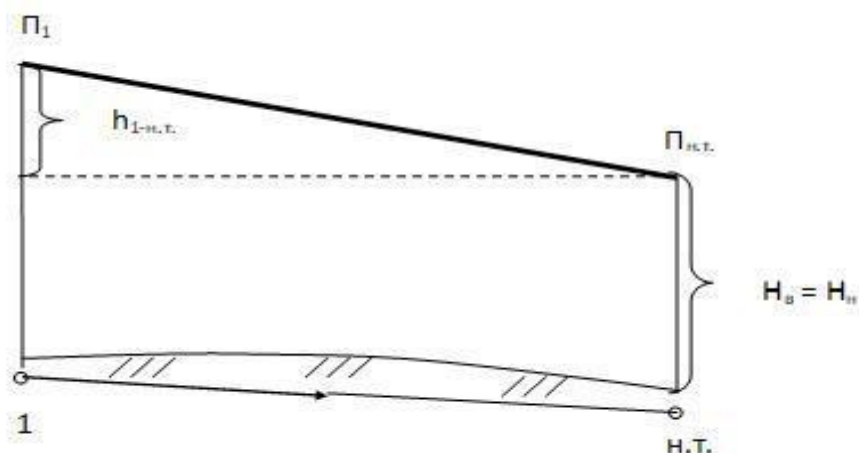


Рисунок 9.2 – П'єзометрична лінія від вузла 1 до критичного вузла Π_1 – п'єзометрична позначка у вузлі 1; $\Pi_{н.т.}$ – п'єзометрична позначка у невідгідному вузлі; H_n – необхідний напір; H_v – вільний напір;

$\sum h_{l-n.m.}$ – втрати напору на ділянці від вузла 1 до невідгідного вузла

В критичному вузлі необхідний напір дорівнює вільному.

$$H_e = H_n \quad (9.10)$$

Для того, щоб вода з вузла 1 надійшла до критичного вузла, необхідно, щоб п'єзометричний напір у вузлі 1 був більший, ніж напір у критичному вузлі на величину втрат напору на шляху від вузла 1 до критичного, тобто

$$P_1 = P_{n.m.} + h_{l-n.m.} = Z_{n.m.} + H_{n.n.m.} + h_{l-n.m.} \quad (9.11)$$

де $P_{n.m.}$ – п'єзометрична позначка в критичному вузлі;

$h_{l-n.m.}$ – втрати напору від вузла 1 до критичного вузла;

$Z_{n.m.}$ – геодезична позначка в критичному вузлі;

$H_{n.n.m.}$ – необхідний напір в критичному вузлі.

Ухил лінії, яка з'єднує позначку п'єзометра у вузлі 1 з позначкою п'єзометра в критичному вузлі, показує падіння напору в мережі за даний період. Враховуючи, що найбільші витрати води відбуваються у години максимального водоспоживання, максимальні втрати напору також будуть спостерігатися в цей час доби.

Необхідний тиск у вузлі 1 може бути забезпечений двома способами:

- насосами другого підйому,

- насосами другого підйому та водонапірною вежею, яка встановлена у вузлі 1 за умови $Z_1 > Z_{n.m.}$.

В першому випадку п'єзометрична позначка у вузлі 1 є вихідною для визначення напору насосів другого підйому. В цьому випадку мережа і водоводи не відокремлені, тому позначка п'єзометра в місці розташування насосів другого підйому визначається за формулою

$$P_n = Z_{n.m.} + H_{n.n.m.} + h_{l-n.m.} + h_{вод}, \quad (9.12)$$

де $h_{вод}$ – втрати напору у водоводах.

Тоді напір насосів H_n буде визначатись за формулою

$$H_n = (Z_{n.m.} - Z_n) + H_{n.n.m.} + (h_{l-n.m.} + h_{вод}), \quad (9.13)$$

де Z_n – позначка осі насосів другого підйому,

H_n – напір насосів.

Розглянута схема надходження води в мережу без водонапірної вежі проєктується при рівномірному відборі води з мережі, що має місце в системах водопостачання промислових підприємств або в системах господарсько-питного водопостачання з незначною нерівномірністю водоспоживання. Регулювання роботи насосів в мережі без водонапірної вежі здійснюється шляхом зміни напору, який визначається характеристикою Q–H насосу. При застосуванні подібної схеми роботи насосів може спостерігатись перевитрата електроенергії.

3 Характер п'єзометричних ліній в системі з вежею на початку мережі.

Найчастіше застосовують системи з регулюючими ємностями. Залежно від місця розташування водонапірної вежі розрізняють системи водопостачання:

- з вежею, розташованою на початку мережі;
- з вежею, розташованою в кінці мережі (мережа з контррезервуаром);
- з вежею, розташованою в середині району водопостачання.

Якщо найбільші геодезичні позначки місцевості розташовані на початку мережі, проєктується водопровідна мережа з водонапірною вежею на її початку. Це необхідно для зменшення висоти водонапірної вежі. Розглянемо профіль водопроводу з найвищими позначками місцевості на її початку (рис. 9.3).

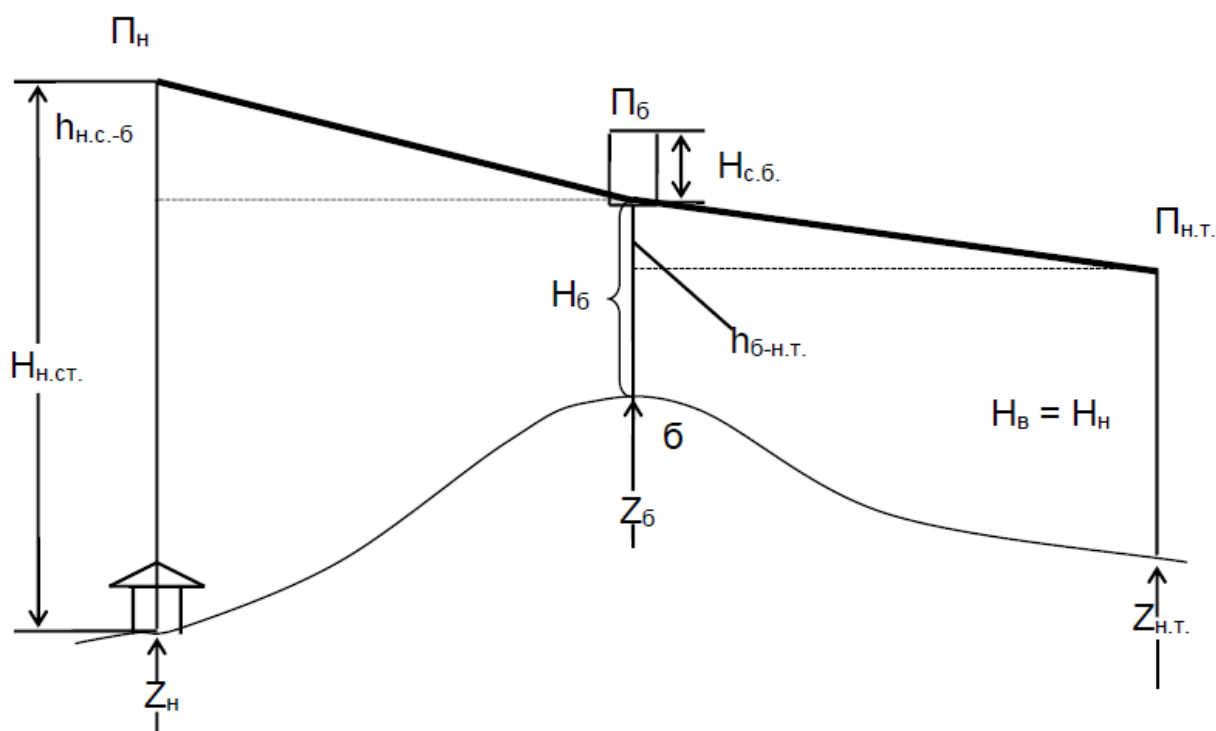


Рисунок 9.3 – П'єзометричні лінії в системі з вежею, розташованою на початку мережі

$P_б$ – п'єзометрична позначка у вузлі приєднання водонапірної вежі;

$Z_б$ – геодезична позначка у вузлі приєднання водонапірної вежі;

$H_б$ – висота водонапірної вежі; $h_{б-н.т.}$ – втрати напору на шляху від вежі до критичного вузла; $H_б$ – вільний напір;

$H_{н.ст.}$ – напір біля насосної станції

П'єзометрична позначка критичного вузла дорівнює:

$$P_{н.т.} = Z_{н.т.} + H_{н.т.} \quad (9.14)$$

П'єзометрична позначка у вузлі приєднання водонапірної вежі буде:

$$P_{\delta} = Z_{\delta} + H_{\delta}. \quad (9.15)$$

З іншого боку

$$P_{\delta} = P_{н.т.} + h_{\delta-н.т.} = Z_{н.т.} + h_{\delta-н.т.} + H_{н.н.т.}. \quad (9.16)$$

Тоді

$$Z_{\delta} + H_{\delta} = Z_{н.т.} + h_{\delta-н.т.} + H_{н.н.т.}, \quad (9.17)$$

звідки

$$H_{\delta} = H_{н.н.т.} + h_{\delta-н.т.} - (Z_{\delta} - Z_{н.т.}). \quad (9.18)$$

З формули (9.18) виходить, що зі збільшенням позначки Z_{δ} висота вежі H_{δ} зменшується. За умови $H_{\delta} \leq 0$ замість вежі встановлюється напірний резервуар.

При наявності вежі тиск у водопровідній мережі також змінюється. При цьому зміна тиску пояснюється не тільки зміною втрат напору в мережі, але й тим, що змінюється рівень води у баку водонапірної вежі. Максимальне водоспоживання може спостерігатись не тільки при порожньому, але й при повному баку. Тоді п'єзометричні лінії будуть розташовані, як показано на рисунку 9.4.

Якщо водоспоживання буде менше розрахункового максимального, то і градієнт п'єзометричної лінії буде знижуватись та при зупинці споживання дорівнюватиме нулю. На графіку п'єзометрична лінія обертаватиметься навколо точок δ_1 і δ_2 або навколо проміжної точки між ними. Таким чином, п'єзометричні лінії для всіх годин укладатимуться між горизонтальною лінією та лінією з максимальним градієнтом. Якщо п'єзометрична лінія розрахована на годину максимального водоспоживання, то п'єзометричні позначки у вузлах мережі будуть задовольняти умові (9.8).

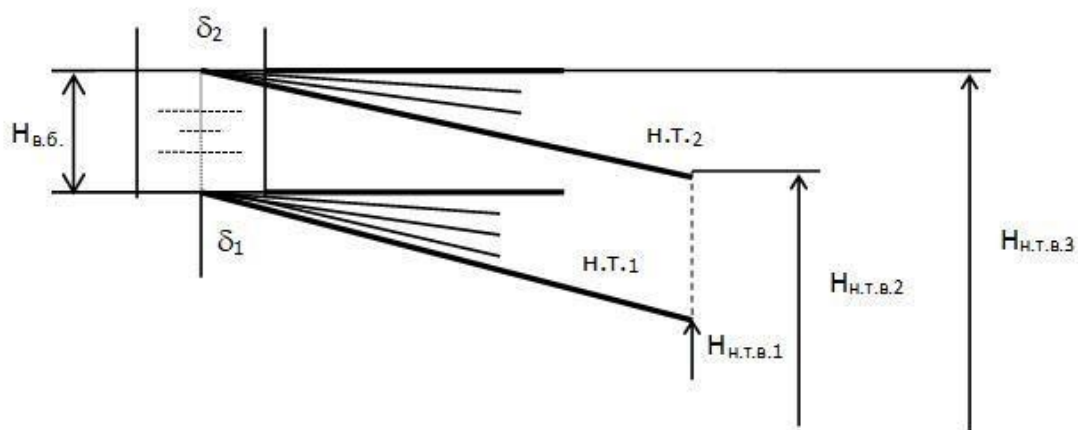


Рисунок 9.4 – Коливання напорів у мережі при різному наповненні баку водонапірної вежі:

$\delta_1 \div \delta_2$ – рівні води у баку; н.т.1, н.т.2 – невідгідні вузли; $H_{н.т.в.1} \div H_{н.т.в.3}$ – необхідний напір біля невідгідного вузла

Вільні напори в господарсько-питних водопровідних мережах не повинні бути більше 45 м, тому що вся арматура внутрішніх систем водопостачання розрахована на максимальний тиск 0,45 Мпа.

Вільні напори у вузлах мережі повинні відповідати умові

$$45 \geq H_e \geq H_n. \quad (9.20)$$

Необхідний напір насосів для такої системи при порожньому баку визначається за формулою:

$$H_n = \Pi_n - Z_n = \Pi_b + h_{нс-б} - Z_n = H_b + h_{нс-б} + Z_b - Z_n, \quad (9.21)$$

або

$$H_n = \Pi_{нТ} + h_{б-нТ} + h_{нс-б} - Z_n = H_{н.нт} + h_{б-нТ} + h_{нс-б} + Z_{нТ} - Z_n. \quad (9.22)$$

При повному баку напір насосів визначається за формулами

$$H_n = H_b + h_{нс-б} + H_{вб} + Z_b - Z_n, \quad (9.23)$$

$$H_n = H_{н.нт} + h_{б-нТ} + h_{нс-б} + H_{вб} + Z_{нТ} - Z_n. \quad (9.24)$$

4 Характер п'єзометричних ліній в системі з контррезервуаром при господарсько-питному водоспоживанні

Режим роботи мережі з контррезервуаром відрізняється від режиму роботи мережі з вежею на її початку. Така система проектується за умови, що найвищі позначки місцевості знаходяться в протилежному кінці від вузла приєднання водоводів до мережі. Розглянемо, чим відрізняються режими роботи водопровідних мереж з вежею, розташованою на початку (рис. 9.5, А) та в кінці мережі (рис. 9.5, Б).

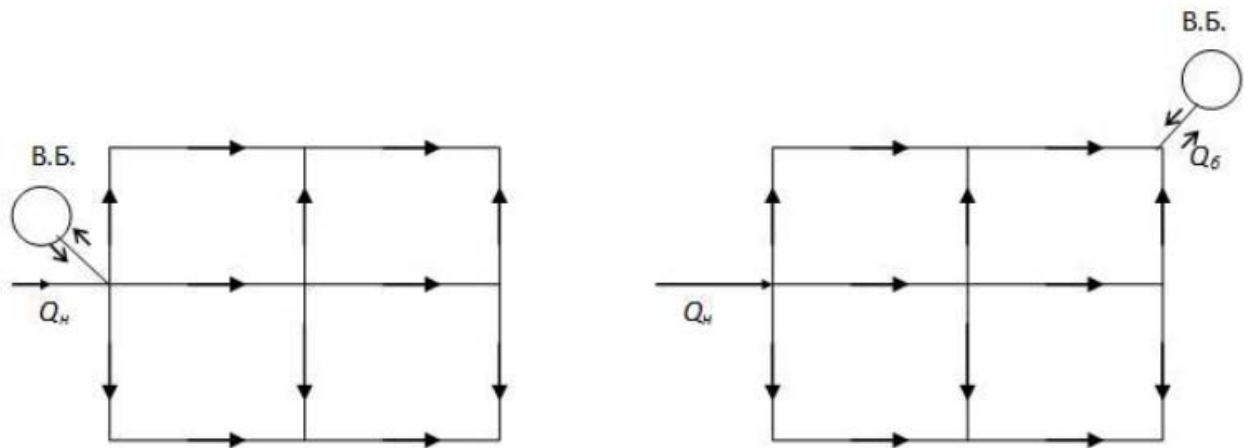


Рисунок 9.5 – Схеми надходження води:

В.Б. – водонапірна вежа; Q_n – подача води від насосної станції;

Q_m – подача води у вежу

Для різних значень витрат води, які надходять у мережу від насосної станції Q_n та витрат, які споживається містом Q_m можливі наступні ситуації:

- $Q_n > Q_m$ – вода надходить у вежу, тобто $Q_b = Q_n - Q_m$;
- $Q_n < Q_m$ – вода витрачається з вежі, тобто $Q_b = Q_m - Q_n$.

В системах з вежами, розташованими на початку мережі, зони розбору води не утворюються тому, що в початковий вузол мережі завжди надходять тільки ті витрати, які повністю розбираються споживачами.

В системах водопостачання з контррезервуаром живлення мережі забезпечується з двох боків, як показано на схемі (рис. 9.6).

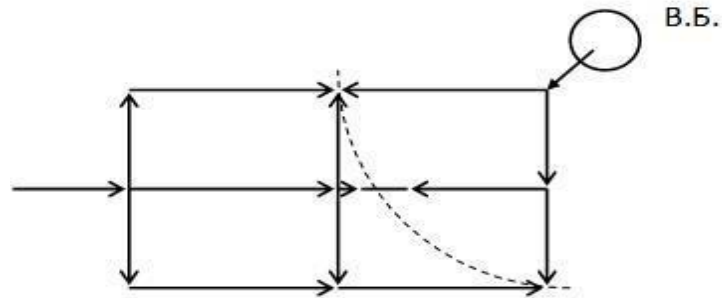


Рисунок 9.6 – Схема водопровідної мережі з контррезервуаром в годину максимального водоспоживання

Величини витрат, які надходять від насосів та вежі за розрахункову годину визначають за суміщеним графіком споживання та подачі води насосами.

Для відомих величин Q_n і Q_b можна визначити межі районів живлення від насосів і від водонапірної вежі. При двосторонньому живленні змінюється також розташування п'єзометричних ліній. Розглянемо, який вигляд мають п'єзометричні лінії в системі водопостачання з контррезервуаром (рис.9.7).

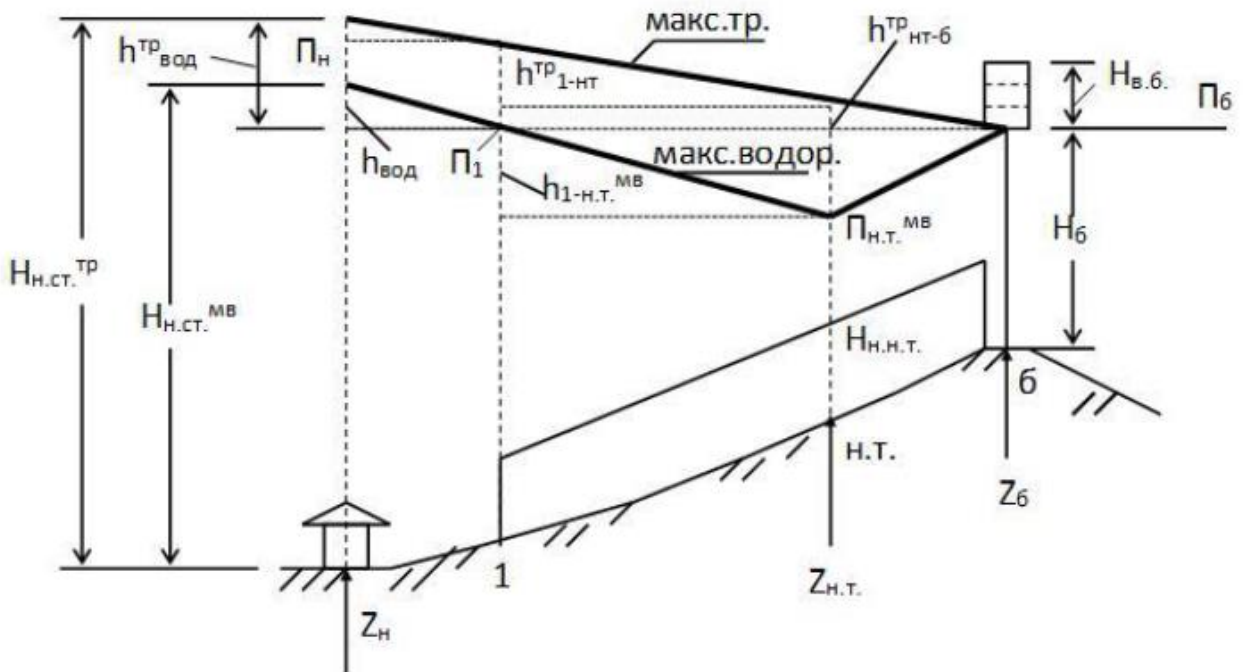


Рисунок 9.7 – П'єзометричні лінії в системі з контррезервуаром

макс. тр – режим максимального транзиту води у вежу; макс. водор. – режим максимального водоспоживання; $h_{\text{вод}}^{\text{TP}}$ – втрати напору у водоводах під час транзиту води у вежу; $h_{1-\text{HT}}^{\text{TP}}$ – втрати напору у водоводах від вузла приєднання водоводів до критичного вузла під час транзиту; $h_{1-\text{HT}}^{\text{макс}}$ – втрати напору у водоводах від вузла приєднання водоводів до критичного вузла під час максимального водоспоживання; $h_{\text{HT-б}}^{\text{TP}}$ – втрати напору у водоводах від критичного вузла до вежі під час транзиту води у вежу

Найменші п'єзометричні позначки спостерігатимуться на межі зон живлення, а критичним буде вузол, який знаходиться на цій межі та відносно якого визначено максимальну п'єзометричну позначку у вузлі приєднання водоводів.

У критичному вузлі необхідний напір дорівнює вільному напору. Для того, щоб вода з вежі надійшла у критичний вузол, напір у вузлі «б», як показано на рис. 9.7, повинен перевищувати п'єзометричну позначку в критичному вузлі на величину $h_{\text{HT-б}}^{\text{TP}}$. Але вода від насосної станції, повинна подаватись під напором, достатнім для того, щоб у критичному вузлі залишався напір $\Pi_{\text{н.т.}}$. Для забезпечення роботи системи вежа повинна мати висоту

$$H_6 = \Pi_6 - Z_6. \quad (9.25)$$

П'єзометрична позначка для водонапірної вежі визначається за формулою

$$\Pi_6 = \Pi_{\text{HT}} + h_{\text{HT-б}} = H_{\text{н.н.т}} + h_{\text{HT-б}} + Z_{\text{HT}}. \quad (9.26)$$

Тоді висота вежі

$$H_6 = H_{\text{н.н.т}} + h_{\text{HT-б}} + Z_{\text{HT}} - Z_6 = H_{\text{н.н.т}} + h_{\text{HT-б}} - (Z_6 - Z_{\text{HT}}). \quad (9.27)$$

Формула (9.27) показує, що чим більша буде позначка Z_6 , тим нижче буде висота водонапірної вежі. Напір насосів $H_{\text{нм}}$ при максимальному водоспоживанні та порожньому баку дорівнюватиме

$$H_{\text{нм}} = \Pi_{\text{нм}} - Z_{\text{н}} = \Pi_{\text{н.т.м}} + h_{1-\text{HT}}^{\text{макс}} + h_{\text{максвод}} - Z_{\text{н}} \quad (9.28)$$

Режим роботи мережі з контррезервуаром за години мінімального водоспоживання відрізняється від режиму роботи мережі з вежею, розташованою на початку мережі. Якщо вежа знаходиться на початку мережі, то при зменшенні водоспоживання надлишок води надходить до неї, не потрапляючи в мережу. Розташування п'єзометричних ліній не змінюється, але зменшується їх ухил. В системі з контррезервуаром надлишок води, яка подається насосами другого підйому, при зменшенні водоспоживання надходить у вежу, проходячи транзитом через всю мережу. При цьому п'єзометрична лінія приймає однозначний ухил по всій довжині у бік водонапірної вежі, її вид буде таким самим, як і у випадку, коли вежа

розташована на початку мережі.

Година максимального транзиту визначається за суміщеним графіком водоспоживання та подачі води.

За цей час по ділянках мережі біля межі живлення прохідимуть більші витрати, ніж за годину максимального водоспоживання. Це приводить до збільшення втрат напору в мережі, також збільшується довжина потоку води та необхідний напір насосів другого підйому при транзиті води у вежу. Тому розрахунок мережі з контррезервуаром виконується не тільки при максимальному водоспоживанні, але й при максимальному транзиті.

Якщо водонапірна вежа знаходиться в середині району водопостачання, то режим роботи мережі і п'єзометричні графіки залишаються аналогічними графікам, побудованим для схеми мережі з контррезервуаром, але зона живлення від вежі на графіку буде двосторонньою.

Якщо вежа розташована поблизу вузла, в який подається вода, то кількість води, яка надходить з баку вежі, може бути недостатньою для утворення зони живлення. В цьому випадку профіль п'єзометричної лінії для мережі буде таким же, як і в мережах з вежею на їх початку.

Контрольні питання:

1. Як визначити необхідний вільний напір у водопровідній мережі?
2. Як визначити критичний вузол?
3. З якою метою вежа встановлюється на найвищих позначках місцевості?
4. Чим пояснюється однобічний ухил п'єзометричної лінії в мережі з вежею на її початку?
5. Які фактори впливають на значення необхідного напору у водопровідній мережі при господарсько-питному водоспоживанні?
6. Як визначаються п'єзометричні позначки у вузлах водопровідної мережі?

Лекція №10 «Загальні відомості про стічні води та каналізацію»

План лекції:

1. Загальні відомості про стічні води
2. Загальні відомості про систему каналізації (водовідведення)
3. Загальні вимоги до складу та властивостей стічних вод, які скидаються до систем централізованого водовідведення

Водовідведення (каналізація) – комплекс обладнання, мереж і споруд, призначений для організованого прийому і видалення по трубопроводах за межі населених пунктів або промислових підприємств забруднених стічних вод, а також їхнього очищення, знешкодження перед утилізацією або скиданням у водойму.

Об'єктами водовідведення (каналізації) є будівлі житлового, суспільного, виробничого, службового і спеціального призначення, обладнані внутрішнім водопроводом і каналізацією, а також міста, що знов будуються, існуючі і такі, що реконструюються, селища міського типу, сільські і дачні селища, курорти, промислові підприємства, комбінати і промислові райони.

Стічними водами називаються води, які були використані в побуті, на виробничі або інші потреби і забруднені при цьому додатковими домішками, що змінили їх первинний хімічний склад і фізичні властивості, а також води, що стікають з території населених пунктів і промислових підприємств в результаті випадіння атмосферних опадів або поливання вулиць.

1 Загальні відомості про стічні води

Стічні води поділяють на три основні категорії: побутові, виробничі та дощові.

До *побутових стічних вод* відносяться води від кухонь, туалетних кімнат, душових, лазень, пралень, їдалень, лікарень, а також господарські води, що утворюються при митті приміщень. Вони поступають як від житлових і громадських будівель, так і від побутових приміщень промислових підприємств. За природою забруднень вони можуть бути фекальні, забруднені в основному фізіологічними відходами, і господарські, забруднені всякого роду господарськими відходами.

Міські стічні води – це суміш побутових стічних вод житлових і громадських будівель і промислових підприємств, а також виробничих стічних вод комунально-побутового обслуговування, громадського

харчування, місцевої і харчової промисловості. Побутові стічні води окрім органічних і мінеральних домішок містять біологічні домішки, що складаються з бактерій, у тому числі і хвороботворних, а тому вони потенційно небезпечні.

До *виробничих стічних вод* відносяться води, використані в технологічному процесі, та за ступенем своєї забрудненості вони не відповідають вимогам, які пред'являються до якості і підлягають видаленню з території підприємств. Сюди відносять також води, відкачані на поверхню землі при видобутку корисних копалин. У виробничих стічних водах деяких галузей промисловості можуть знаходитися отруйні речовини, солі важких металів та радіоактивні елементи.

Виробничі стічні води забруднені в основному відходами виробництва, що представляють певну цінність. В цілях зниження ступеня забрудненості виробничих стічних вод необхідно прагнути до поліпшення технологічних процесів на промислових підприємствах, направлених на зменшення кількості відходів, утилізацію їх в процесі виробництва.

Дощові води утворюються в результаті випадання атмосферних опадів. Їх підрозділяють на дощові і талі, такі, що надходять від танення льоду і снігу. Відмітною особливістю дощового стоку є його епізодичність і різка нерівномірність. Води від миття і поливання вулиць, а також від фонтанів і дренажів по якійсній характеристиці забруднюючих домішок близькі до дощових вод і віддаляються спільно з ними.

Дощові води під час випадання насичуються розчиненими газами, атмосферним пилом, аерозолями, а при стіканні змивають з поверхні дахів, внутрішньоквартальних територій і проїздів пил, сміття, бензин, масла і інші забруднення. Дощові води, що містять переважно мінеральні забруднення, менш небезпечні в санітарному відношенні, чим побутові і забруднені виробничі стічні води, і тому їх скидають у водоймища без очищення.

У атмосферні води, що стікають із забруднених територій промислових підприємств, іноді потрапляють домішки, специфічні для даного виробництва, наприклад хімічних і нафтопереробних заводів, шкіряних підприємств, м'ясокомбінатів, вугільних складів і ін. Такі води слід піддавати очищенню. Практично при влаштуванні каналізації в населених пунктах і на промислових підприємствах доводиться розраховувати на відведення суміші побутових і виробничих вод або суміші побутових, виробничих і дощових вод. Склад цієї суміші може бути вельми різноманітним і залежить від концентрації і характеру забруднень виробничих вод.

Для визначення зараженості води хвороботворними бактеріями проводять аналіз на наявність у ній особливого виду бактерій - групи кишкової палички (бактерії Coli), що є типовим представником кишкової мікрофлори. Кишкова паличка, не будучи сама по собі хвороботворною бактерією, служить показником того, що вода забруднена зазначеними виділеннями, а отже, у ній можуть бути і хвороботворні бактерії. Щоб оцінити ступінь бактеріального забруднення води, визначають колі-титр (титр кишкової палички) або той найменший обсяг води в мілілітрах, у якому утримується одна кишкова паличка.

Забруднення виробничих стічних вод - залишки оброблюваної сировини і реагентів, що використовуються в технологічному процесі. Надати яку-небудь типову характеристику цих вод не представляється можливим, тому у кожному окремому випадку вивчають їх склад і властивості. Найбільш характерними і небезпечними забрудненнями являються речовини (переважно нафтопродукти), що екстрагуються, феноли, синтетичні поверхнево-активні речовини, важкі метали (ртуть, цинк, залізо), органічні речовини. Різко збільшується забруднення водоймищ стічними водами з сільськогосподарських полів у зв'язку із застосуванням отрутохімікатів.

При розгляданні складу стічних вод одним з основних понять є концентрація забруднень, тобто маса забруднень, що приходить на одиницю об'єму води, що обчислюється зазвичай в мг/л або в г/м³.

За фізичним станом забруднення стічних вод поділяються на: нерозчинні домішки, колоїдні частинки та розчинні частинки.

Нерозчинні домішки знаходяться у воді у вигляді крупних зважених часточок (діаметром більш десятих доль міліметра) і у вигляді суспензії, емульсії і піни (часточки діаметром від десятих доль міліметра до 0.1 мкм). В стічних водах вони можуть бути в грубодисперсному (у вигляді крупних зважених часток) і тонкодисперсному (суспензії, емульсії і піна) стані.

При прийнятій методиці аналізів частина нерозчинених речовин в стічних водах, затриманих на паперовому фільтрі називають зваженими речовинами. Масу їх визначають після висушування при температурі 105°.

Залежно від розмірів окремих часточок (міри дисперсності) і їх щільності зважені речовини можуть випадати у вигляді осаду, спливати на поверхню води або залишатися в зваженому стані. Для більшості частинок, що знаходяться у воді в тонкодисперсному стані, внаслідок їх малого розміру сили опору середовища в порівнянні з силою тяжіння дуже великі, тому такі частинки практично не осідають і залишаються в зваженому стані.

Такими, що осідають, називають нерозчинені речовини, які випадають на дно посудини у вигляді осаду при 2-годинному відстоюванні в лабораторних умовах: вміст осідаючих речовин виражається за об'ємом в мл/л або по масі (після сушки випавшої суспензії при 105° і подальшого зважування) в мг/л.

Колоїдні частинки діаметром від 0,1 до 0,001 мкм; На хімічний склад колоїдних і розчинених речовин побутових стічних вод впливають білки, жири, вуглеводи харчових продуктів, а також склад водопровідної води, що містить зазвичай ту або іншу концентрацію гідрокарбонатів, сульфатів, хлоридів і іонів залізо. Вміст колоїдів в побутових стічних водах складає 30-40% вмісту зважених речовин. Окрім азоту, органічні речовини, що входять до складу стічних вод, містять вуглець, сірку, фосфор, калій, натрій і хлор у вигляді солей, а також залізо.

Розчинні частинки, що знаходяться у воді у вигляді молекулярно-дисперсних часточок діаметром менше 0,001 мкм; вони не утворюють окремої фази, і система стає однофазною - істинним розчином.

2 Загальні відомості про систему каналізації (водовідведення)

Під системою водовідведення розуміють сумісне або роздільне відведення стічних вод трьох категорій. Вона складається із наступних елементів: внутрішніх каналізаційних улаштувань будівель, зовнішньої внутриквартальної каналізаційної мережі, зовнішньої вуличної каналізаційної мережі, насосних станцій і напірних трубопроводів, очисних споруд і улаштувань для випуску очищених стічних вод до водоймищ.

Системи каналізації можна класифікувати за наступними ознаками: залежно від надходження стічних вод, за напором, за схемою відводу стічних вод, за схемою трасування, за призначенням, за басейнами каналізування, за методом видалення стічних вод.

Залежно від вимог, які висуваються до очищення поверхневих стічних вод, складу забруднень виробничих стічних вод, кліматичних умов, рельєфу місцевості й інших факторів у населених пунктах вибирається одна з наступних систем каналізації: загальносплавна (рис. 10.1,а), роздільна (повна або неповна) (рис. 10.1,б), напівроздільна або комбінована (рис. 10.1,в).

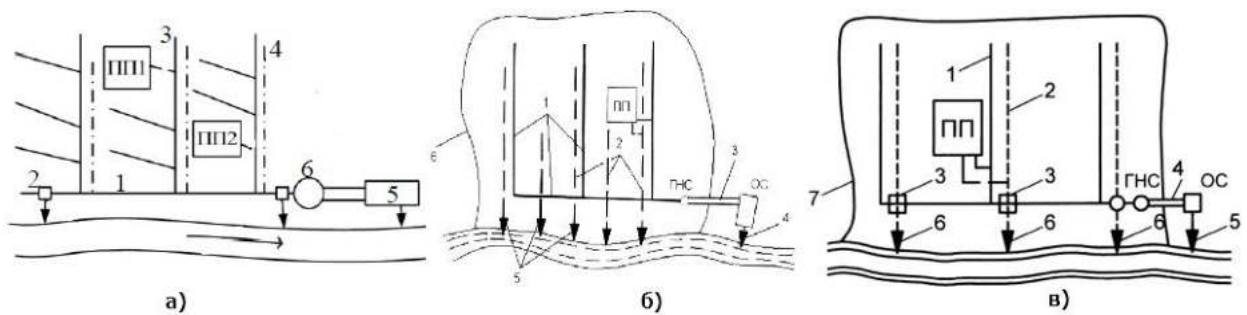


Рисунок 10.1 – Системи водовідведення:

а) загальносплавна, б) повна роздільна в) напівроздільна

Усі ці системи умовно називають сплавною системою каналізації і мають на увазі збір і транспортування стічної рідини по закритим (зазвичай, підземним) системам, що складаються з труб і каналів.

Загальносплавна (рис. 10.1,а: 1 - головний водовідвідний колектор; 2 - зливі випуски; 3 - виробничо-побутова мережа; 4 - дощова мережа, 5 - міські очисні споруди; 6 - головна насосна станція; ПП1, ПП2 - промислові підприємства) - стічні води всіх категорій по одній підземній мережі надходять на очисні споруди, тому що в період сильних дощів витрата стічних вод дуже велика, а концентрація забруднень їх мала, частина стічних вод скидається без очищення через спеціальні улаштування – зливоспуски.

Роздільна (рис. 10.1,б: 1 - побутова мережа; 2 – виробничо-дощова мережа; 3 – напірні трубопроводи; 4 – випуск очищених побутових і виробничих стічних вод; 5 – випуски атмосферних й умовно-чистих виробничих стічних вод; 6 – межа міста; ГНС – головна насосна станція; ОС – очисні споруди; ПП – промислове підприємство) - побутові стоки надходять на очисні споруди, дощові води - у найближчі водні потоки. При роздільній системі каналізації окремі види стічних вод, які вміщують забруднення різного характеру, відводять по самостійних мережах. При повній роздільній системі каналізації влаштовують не менше 2-х мереж. Мережа для відводу побутових стічних вод називається побутовою. Мережа для відводу атмосферних вод називається дощовою або водостічною.

Напівроздільна (рис. 10.1,в: 1 – побутова мережа; 2 – виробнича дощова мережа; 3 – водозбірні камери; 4 – напірні трубопроводи; 5 – випуск очищених стічних вод; 6 – зливовідводи; 7 – межа міста; ГНС – головна насосна станція; ОС – очисні споруди; ПП – промислове підприємство) - дві роздільних мережі і колектор, що перехоплює стічні води. В розділових камерах регулюється відведення дощових вод на скидання у водойми і забруднених вод на очищення. При напівроздільній системі каналізації у місцях перетину самостійних каналізаційних мереж для відводу різних видів

стічних вод маються водозбірні камери, які дозволяють найбільш забруднені дощові води при малих витратах відводити до побутової мережі, а потім по колектору на очисні споруди; а при зливах скидати порівняно чисті води до водоймища.

Схемою водовідведення (каналізації) називають технічно і еко номічно обґрунтоване проектне рішення прийнятої системи каналізації з урахуванням місцевих умов і перспектив розвитку об'єкту каналізованя. Кожна система каналізації може бути здійснена різними технічними прийомами при трасуванні мереж і колекторів, визначенні глибини їх залягання, кількості насосних станцій, числа і розташування очисних споруд та інше.

Схеми каналізації міст і промислових комплексів можуть бути централізованими, децентралізованими і районними (регіональними). При централізованій схемі стічні води всіх басейнів каналізованя направляють поодиноці або декільком колекторам на єдину для всього міста очисну станцію, розташовану нижче міста, за течією річки.

Децентралізовані схеми каналізаційної мережі застосовують при каналізованні крупних міст в умовах як сильно пересіченого, так і дуже плоского рельєфу місцевості. В цьому випадку влаштовують районну каналізацію з самостійними очисними спорудами.

Районні (регіональні) схеми водовідвідної мережі використовується для декількох близько розташованих населених пунктів та підприємств в промислових та густонаселених районах. В цих схемах передбачається одна станція очистки великої потужності замість великої кількості маленьких очисних споруд, які обслуговують окремі об'єкти. Це дає можливість знизити капітальні та експлуатаційні затрати на очистку стічних вод, надійно захистити відкриті водойми від забруднення в межах густонаселеній частини району та раціонально використовувати його водні ресурси.

Вулична мережа міст сильно розгалужена і охоплює великі території (рис.10.2), з яких стічні води відводяться пере-важно самопливом. Для цього територію населеного місця поділяють на басейни каналізованя. Басейном каналізованя називають частину каналізуємої території, обмежену водорозділами.

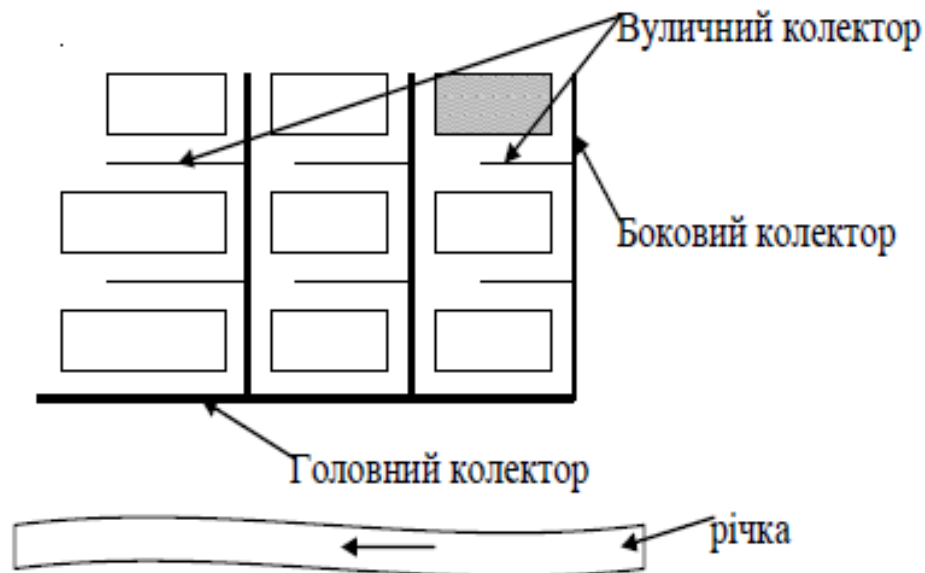


Рисунок 10.2 – Схема каналізування населеного пункту

Ділянку каналізаційної мережі, що збирає стічні води з одного або декількох басейнів каналізування, називають **колектором**. Колектори підрозділяють на:

- колектори басейну каналізування, що збирають стічні води з каналізаційної мережі одного басейну;
- головні колектори, що збирають стічні води від двох або декількох колекторів басейнів каналізування;
- заміські (або відвідні) колектори, по яким стічні води транзитом (без приєднань) відводяться за межі об'єкту каналізування до насосних станцій, очисних споруд або до місця випуску у водоймище.

У великих містах з сильно розвинутою міською мережею колектори великих розмірів нерідко називають **каналами**. Каналізаційна мережа і колектори завжди повинні бути доступні для огляду, промивання і очищення від засмічень, для чого на них влаштовують оглядові колодязі. З річками, ярами і залізницями колектори перетинаються за допомогою дюкерів, переходів, естакад. Колектори прокладають з ухилом по зниженій місцевості, по тальвегам річок і ярів.

При необхідності підйому стічних вод на вищі відмітки влаштовують **каналізаційні насосні станції**, які перекачують воду по напірних водоводах. Залежно від призначення каналізаційної станції підрозділяють на:

- а) місцеві - для перекачування стічних вод від одного або декількох окремих, несприятливо розташованих будівель або житлових кварталів;
- б) районні - для перекачування стічних вод від окремих районів або басейнів каналізування;

в) головні - перекачують основну частину або весь об'єм стічних вод каналізуемого населеного пункту або промислового підприємства.

Очисні станції призначені для очищення, знешкодження, знезараження стічних вод і для обробки осаду; вони компонуються з комплексів очисних і допоміжних споруд, зв'язаних між собою інженерними комунікаціями в єдину технологічну схему. Комплекси очисних споруд вибирають залежно від концентрації, якісної і кількісної характеристики забруднюючих домішок, а також від вимог, що пред'являються до очищених вод за місцевими умовами. Канал, по якому відводяться очищені стічні води від очисних станцій у водоймище і який забезпечений пристроєм для перемішування цих вод з водою водоймища, називають випуском. На колекторах перед насосною і очисною станціями також влаштовують випуски для скидання стічних вод у водоймище без очищення у разі аварії; ці випуски називають аварійними.

Схеми водовідведення населених пунктів

Схеми каналізаційної мережі міст, населених пунктів або промислових підприємств залежать від рельєфу місцевості, ґрунтових умов, місця розташування очисних станцій, концентрації і різновидів забруднень стічних вод, а також планувальних чинників і інших умов (наземних і підземних перешкод). Зважаючи на велику різноманітність місцевих умов можливі схеми каналізаційних мереж дуже різноманітні (рис. 10.3).

У первинний період будівництва каналізацій, коли стічних вод було мало і до їх очищення не пред'являлося строгих вимог, трасування колекторів басейнів каналізування виконували по найкоротшому напрямку перпендикулярно водоймищу, якщо цьому не перешкодив рельєф місцевості. Таку схему каналізаційної мережі називають **перпендикулярною** (рис. 10.3,а). В даний час таку схему застосовують в місцевостях з добре вираженим ухилом до водоймища для відведення атмосферних і незабруднених виробничих стічних вод.

Якщо колектори окремих басейнів перпендикулярної схеми перехоплюються головним колектором, що прокладається паралельно водоймищу, то таку схему каналізаційної мережі називають **пересіченою** (рис. 10.3,б). Пересічену схему рекомендують для місцевостей з добре вираженим ухилом до річки для відведення всіх трьох категорій стічних вод.

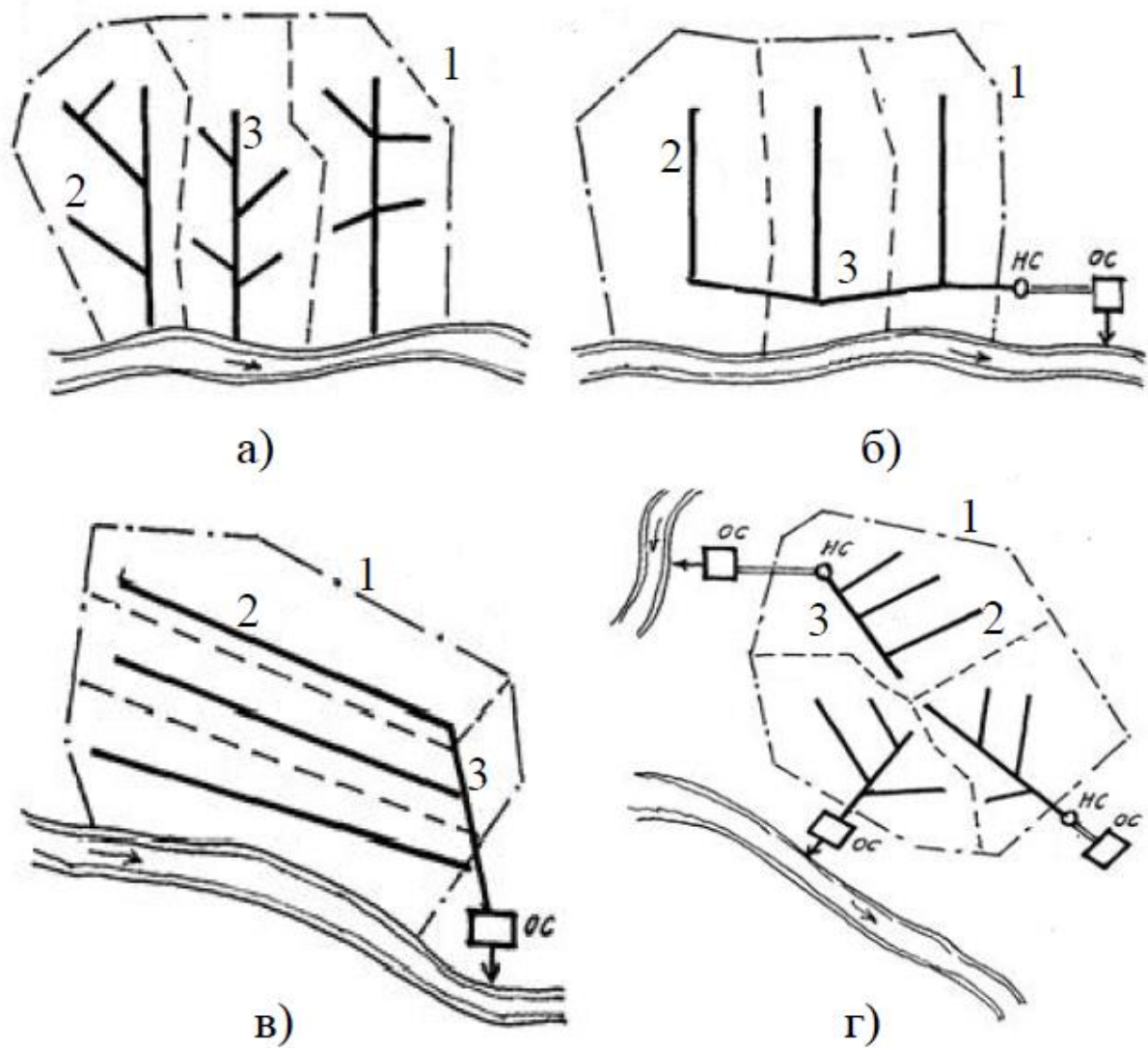


Рисунок 10.3 – Схеми водовідведення:

а) перпендикулярна, б) пересічена, в) поясна або зонна, г) радіальна або децентралізована; 1 – межі міста, 2 – вулична мережа, 3 – колектори

Територію, що складається з декількох окремих терас із значною різницею відміток, можна розбити на зони (пояси), що каналізуються самостійно. Таку схему каналізаційної мережі називають **поясною або зонною** (рис.10.3,в). Стічні води верхньої зони можуть самопливом поступати на очисні станції, і лише стічні води нижньої зони перекачують безпосередньо на очисні станції або в колектор верхньої зони, що зменшує експлуатаційні витрати. Схему каналізаційної мережі, показану на рис. 10.3,г, називають **радіальною або децентралізованою**.

3 Загальні вимоги до складу та властивостей стічних вод, які скидаються до систем централізованого водовідведення

Перш за все, *до систем централізованого водовідведення приймаються стічні води споживачів, які не призводять до порушення роботи мереж водовідведення та очисних споруд*, безпеки їх експлуатації та можуть бути очищені на очисних спорудах системи централізованого водовідведення виконавців відповідно до [вимог Правил](#) охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами, затверджених постановою Кабінету Міністрів України від 25 березня 1999 року № 465.

По-друге, **стічні води**, що приймають до систем централізованого водовідведення, **не повинні містити:**

- горючі домішки та розчинені газоподібні речовини, здатні утворювати вибухонебезпечні суміші;
- речовини, які здатні захаращувати труби, колодязі, решітки або відкладатися на їх поверхнях (*сміття, ґрунт, абразивні порошки та інші грубодисперсні зависі, гіпс, вапно, пісок, металева та пластмасова стружка, жири, смоли, мазут, пивна дробина, хлібні дріжджі тощо*);
- речовини, які не піддаються біологічній деструкції;
- речовини, для яких не встановлено ГДК для води водойм або токсичних речовин, що перешкоджають біологічному очищенню стічних вод, а також речовин, для визначення яких не розроблено методів аналітичного контролю;
- небезпечні бактеріальні, вірусні, токсичні та радіоактивні забруднення;
- біологічно жорсткі синтетичні поверхнево-активні речовини (*далі - СПАР*), рівень первинного біологічного розкладу яких становить менше 80 %.

Стічні води не повинні:

- мати температуру вище 40 °С;
- мати рН нижче 6,5 або вище 9,0;
- мати хімічне споживання кисню (*далі — ХСК*) вище біохімічного споживання кисню за 5 діб (*далі - БСК₅*) більше ніж у 2,5 рази;
- мати БСК, яке перевищує вказане в проекті очисної споруди системи централізованого водовідведення відповідного населеного пункту;
- створювати умови для заподіяння шкоди здоров'ю персоналу, що обслуговує системи централізованого водовідведення;
- унеможливлувати утилізацію осадів стічних вод із застосуванням методів, безпечних для навколишнього природного середовища;
- містити забруднюючих речовин з перевищенням допустимих концентрацій.

У випадку, коли споживач здійснює виробничі процеси, **при здійсненні яких передбачено очистка стічних вод перед їх скиданням** до системи централізованого водовідведення та очищення стічних вод, згідно з додатком 1 до Правил, а також при систематичному скиді понаднормативних забруднень, скидання стічних вод до систем централізованого водовідведення без попереднього їх очищення на локальних очисних спорудах **не допускається**, крім передбачених випадків.

Забороняється скидати до системи централізованого водовідведення осади стічних вод, що містять забруднюючі речовини заборонені до скидання до системи централізованого водовідведення, без попереднього знешкодження та знезараження на локальних очисних спорудах з обов'язковою утилізацією або захороненням утворених осадів стічної води.

Якщо кількісні та якісні показники стічних вод споживача значно змінюються протягом доби, а показники концентрації забруднюючих речовин перевищують ДК, **споживач повинен встановлювати спеціальні ємності-усереднювачі та пристрої**, які забезпечують рівномірний протягом доби скид стічних вод.

Контрольні питання:

1. Що таке каналізаційна мережа, і які основні її функції?
2. Як визначали траєкторію колекторів у первинний період будівництва каналізації?
3. Що таке перпендикулярна схема каналізаційної мережі?
4. За яких умов застосовують перпендикулярну схему каналізаційної мережі?
5. Які категорії стічних вод виділяють у системах каналізації?
6. У чому відмінність між перпендикулярною і пересіченою схемами каналізаційної мережі?
7. Як рельєф місцевості впливає на вибір схеми каналізаційної мережі?
8. Чому у сучасних умовах посилюються вимоги до очищення стічних вод?
9. Як головний колектор взаємодіє з окремими колекторами басейнів у пересіченій схемі?
10. Які основні етапи проектування каналізаційної мережі?
11. Чому колектори первинно будували перпендикулярно водоймищу?
12. Як впливають атмосферні стічні води на роботу каналізаційної мережі?

Лекція №11

«Устрій та склад внутрішньої та зовнішньої каналізації»

План лекції:

1. Внутрішня каналізація та її основні елементи
2. Зовнішня каналізація та її основні елементи
3. Зовнішні та внутрішні водостоки будівель

Система каналізації (рис. 11.1) складається із внутрішньої каналізації будівель, дворової мережі, зовнішньої каналізаційної мережі, насосних станцій, очисних споруд і випусків стічних вод у водоймища.

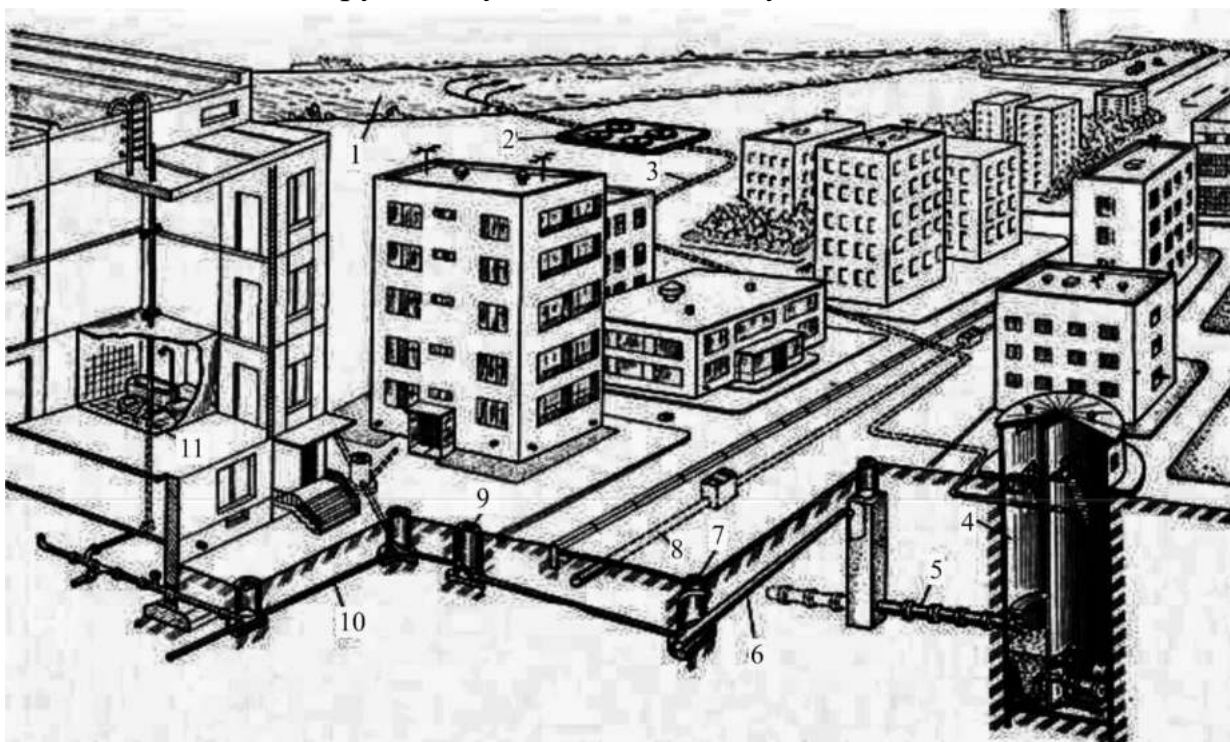


Рисунок 11.1 – Централізована система каналізації:

- 1 – водоймище; 2 – очисні споруди; 3 – напірний трубопровід;
4 – насосна станція; 5 – колектор; 6 – вулична мережа; 7 – оглядовий колодязь; 8 – водостічна мережа; 9 – контрольний колодязь; 10 – дворова мережа; 11 – внутрішня каналізація будівель

Починається рух стічних вод всередині будівлі (житлового, виробничого і т. д.) - з внутрішньої мережі трубопроводів. Від сантехприладів забруднені води надходять по відповідних трубах в каналізаційний стояк, а далі через випуск - у зовнішню каналізаційну мережу. Залежно від розташування трубопроводів на території населеного пункту чи підприємства ця система називається дворовою, квартальною або заводською мережею.

Дощова каналізація служить для відведення дощових та талих вод. Її, як правило, трасують по найкоротшій відстані до місця випуску.

Зовнішня дощова каналізація складається з відкритих дощових кюветів і лотків, дощоприймачів (дощоприймальних колодязів), закритої мережі труб, зливоспусків і випусків. В закриту дощову мережу вода потрапляє через дощоприймачі – круглі або прямокутні колодязі, перекриті металевими решітками, які пропускають воду і затримують все, що може засмітити каналізаційну мережу (рис. 11.2).

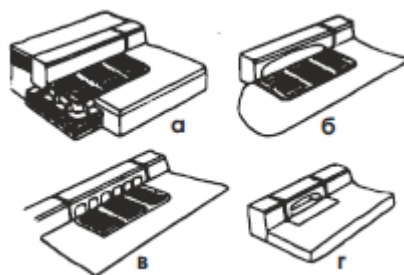


Рисунок 11.2 – Схема розташування дощоприйомних колодязів на проїзній частині дороги: а) відкритий із прямокутною решіткою в лотку; б) комбінований із решіткою у лотку і отвором у бортовому камені; в) комбінований із решіткою у лотку і чавунною бортовою приставкою; г) закритий із отвором у бортовому камені на відстані 50-80 м один від одного.

Для дощової мережі використовують керамічні, бетонні та залізобетонні труби. Найменший діаметр самопливних мереж дощової каналізації: для вуличної мережі – 250 мм, внутрішньоквартальної – 200 мм. Випуск дощових стоків у водоймища проводиться переважно в межах міста або промислових підприємств. Із санітарних та естетичних міркувань дощові води слід випускати нижче рівня води в річці. Зливоспуски на мережі дозволяють направляти найбільш забруднені порції дощових вод на очищення.

2 Внутрішня каналізація та її основні елементи

Внутрішня каналізація – це система трубопроводів та інженерного обладнання, що забезпечують організований прийом стічних вод у місцях їх утворення та транспортування забруднених стоків за межі будинку у зовнішні мережі. Якщо необхідно, до системи внутрішньої каналізації можуть входити споруди місцевого підкачування або локального очищення стічних вод.

Системи внутрішньої каналізації поділяють за: способом збору та видалення забруднень, характеристикою стічних вод, сферою

обслуговування, наявністю спеціального обладнання та вентиляції мережі.

За характеристикою стічних вод системи внутрішньої каналізації можуть бути побутові, виробничі та дощові (водостоки). Побутова каналізація відводить забруднену воду після миття посуду, продуктів, прання білизни, санітарно-гігієнічних процедур, а також фекальні стоки, що містять рідкі та тверді виділення людини. Виробнича каналізація виводить за межі будівель виробничі стічні води, що утворилися в технологічному процесі. Внутрішні водостоки (дощова каналізація) відводять з даху будинків дощові та талі води.

За сферою обслуговування розрізняють об'єднані та роздільні системи каналізації. Об'єднані системи використовують у тих випадках, коли змішування різних стічних вод не утворює токсичних, вибухонебезпечних або інших речовин, що перешкоджають безпечному транспортуванню і очищенню стічних вод. Роздільні системи каналізації (наприклад, побутової і виробничої) доцільно влаштовувати на підприємствах, якщо виробничі стоки потребують локального очищення.

Системи внутрішньої каналізації можуть бути простими, тобто без спеціального обладнання, та зі спеціальним обладнанням (наприклад, місцеві установки підкачування або очищення стічних вод перед їх відведенням у зовнішні мережі).

Зазначені системи каналізації видаляють забруднення в рідкому стані (стічні води). Тверді відходи, сміття видаляють сміттєпроводами, які також належать до систем каналізації (каналізація твердих відходів).

Система внутрішньої каналізації складається з таких основних елементів: приймачів стічних вод, гідравлічних затворів, внутрішньої каналізаційної мережі (поверхові відвідні труби, стояки, горизонтальні ділянки і випуски) (рис. 11.3).

Приймачі стічних вод виконують у вигляді відкритих посудин, або воронок, що збирають забруднену воду і відводять її в каналізаційну мережу. Приймачами стічних вод в більшості випадків служать санітарно-технічні прилади (мийки, раковини, умивальники, ванни, душові піддони, біде, унітази, пісуари); пристрої для прийому виробничих стічних вод (лотки, трапи, приймальні решітки, прямки, воронки тощо); водостічні воронки, які призначені для збору і відведення з даху дощових або талих вод.

Гідравлічні затвори (сифони) розміщують після кожного санітарно-технічного приладу, крім тих, що мають його в своїй конструкції (унітази, трапи, пісуари). Водяний гідрозатвор (шар води висотою 50–70 мм) затримує шкідливі гази в системі каналізації, не дозволяючи їм потрапляти в приміщення. Шар води утворюється в згині трубопроводу в *U*-подібних

затворах, або між двома циліндрами в затворах пляшкового типу. Оскільки сифони можуть засмічуватись, то передбачають отвори, які закриваються кришками, що дозволяє прочищати сифони та трубопроводи біля них.

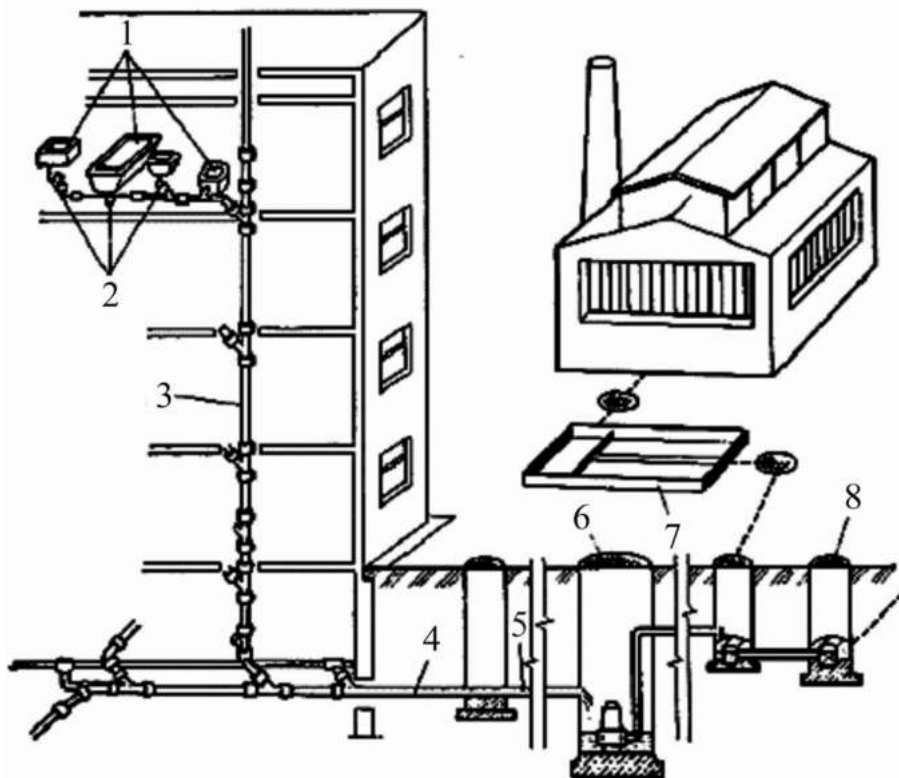


Рисунок 11.3 – Елементи внутрішньої каналізації:

- 1 – приймачі стічних вод; 2 – гідравлічні затвори; 3 – внутрішня каналізаційна мережа; 4 – випуски; 5 – дворова мережа; 6 – місцева установка для перекачування стічних вод; 7 – місцева установка для очищення води; 8 – колодязь вуличної мережі

Поверхові відвідні труби з'єднують приймачі стічних вод зі стояками. Їх встановлюють у місцях розміщення групи санітарних приладів ближче до тих приладів, у які надходять найбільш забруднені і найменше розріджені стоки. Стояки встановлюють відкрито біля стін або приховано у борознах і спеціальних шахтах. Верхня частина стояка у вигляді витяжної труби виводиться на висоту не менше 0,7 м над дахом будівлі, що забезпечує вентиляцію мережі і запобігає «зривам» гідравлічних затворів у пристроях. Діаметр витяжної труби повинен відповідати діаметру стояка. Для контролю і прочищення внутрішньої каналізаційної мережі на ній встановлюють ревізії та прочистки.

Необхідні діаметри відвідних труб і стояків визначають залежно від кількості приймальних пристроїв та секундних витрат стічних вод (табл. 11.1).

Внутрішня каналізація закінчується випуском, який підключається до колодязя, що розташований поза будинком.

Таблиця 11.1 – Розрахункові витрати стоків та діаметри відповідних труб від окремих санітарних приладів та обладнання

Прилад	Розрахункові витрати, дм ³ /с	Діаметр відповідної труби, мм
Унітаз	1,60	100
Умивальник	0,15	50
Душ	0,20	50
Раковина	0,30	50
Мийка на одне відділення	0,60	50

Вода від кожної групи приладів збирається і відводить до вуличної мережі окремо. Приміщення, які потребують обладнання каналізаційних стоків, розміщують компактними групами. Санітарні вузли, як правило, розміщують один під одним. Пристрої для приймання стічних вод у підвальних поверхах встановлюють дуже рідко. Санітарне обладнання дозволяється встановлювати у підвалах, якщо глибина прокладання зовнішньої каналізаційної мережі нижче рівня підлоги підвалу і краї санітарних пристроїв вище рівня найближчого оглядового колодезя.

3 Зовнішні та внутрішні водостоки будівель

Дощові та талі води з покрівлі будівлі видаляються шляхом викиду води зі звисів, карнизів організованим відводом по зовнішніх чи внутрішніх водостоках (рис. 11.4).

Зовнішні водостоки (водоспуски) (рис. 11.4, а) складаються з жолобів, які збирають воду зі схилу покрівлі, та водостічних труб з воронкою, що скидають воду на вимощення біля будівлі (рис. 11.5). По проїздах вода стікає у дощоприймач, а далі – в мережу зовнішньої дощової каналізації (рис. 11.6). У зимові періоди водостоки обмерзають і талі води видаляються не повністю, що призводить до руйнування будівельної конструкції через їх зволоження. Зовнішні водостоки збільшують витрати на експлуатацію покрівлі, вони не довговічні та трудомісткі у ремонті. Тому їх влаштовують у будівлях, де немає можливості організувати внутрішній водостік, або в малоповерхових будівлях з невеликою площею покрівлі, в основному в південних районах.

Внутрішні водостоки (рис. 11.4, б) відводять по трубопроводах, що розташовані всередині будівлі. Вони надійно працюють в усі сезони й потребують мінімального обслуговування. Внутрішні водостоки отримали широке розповсюдження при будівництві будівель з плоскими покрівлями.

Вода з внутрішніх водостоків відводиться у зовнішній мережі дощової чи загально спальної каналізації через закритий випуск (рис. 11.4, б).

Приєднання водостоків до господарсько-побутової системи не допускається. Дозволяється викид дощової води у виробничу каналізацію незабруднених чи повторного використання вод. За відсутності каналізації випуск передбачається в лотки біля будівлі – відкритий випуск (рис.1.4, в).

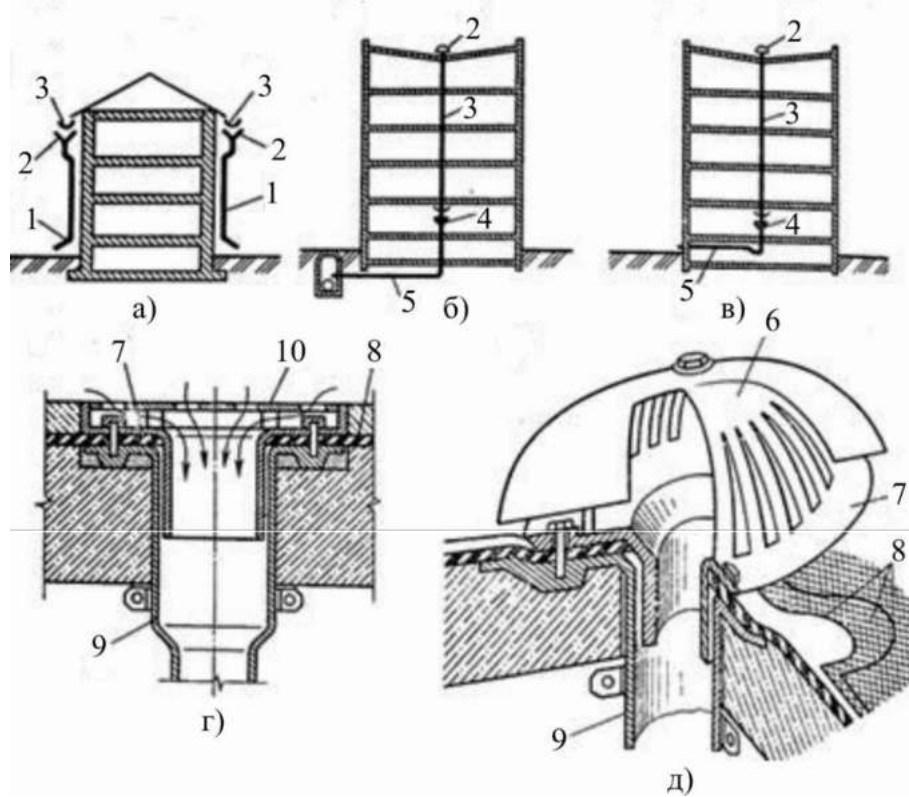


Рисунок 11.4 – Водостоки будівель:

а – зовнішні водостоки; б, в – внутрішні водостоки; г, д – водостічні воронки;

1 – водостічна труба; 2 – воронка; 3 – жолоб; 4 – пристрій для чищення;

5 – випуски; 6 – ковпак; 7 – рама; 8 – гідроізоляція; 9 – корпус; 10 – решітка



Рисунок 11.5 – Комплектація зовнішнього водостоку:

1 - жолоб водостічний; 2 - заглушка жолоба водостічна; 3 - воронка; 4 - відвід жолоба ніверсальний; 5 - кріплення труби водостічної (хомут); 6 - тримач для

жолоба; 7- воронка-відвід жолоба; 8 - коліно труби водостічної; 9 - труба водостічна; 10 - коліно гофроване зливне

Внутрішні водостоки складаються з приймачів атмосферних вод – водостічних воронок, стояків, відвідних труб, які з'єднують водостічні воронки зі стояками, випусків, пристроїв для прочистки.

Водостоки з відкритим випуском при від'ємних температурах зовнішнього повітря обладнують гідрозатвором, який у холодну пору року перешкоджає проникненню охолодженого повітря та промерзанню водостоку. В будівлях з від'ємною температурою передбачають устрої для підігріву водостоків (подача теплого повітря, електропідігрів).

Внутрішні водостоки монтують з напірних чавунних, азбестоцементних, пластмасових труб.

Водостічні воронки складаються з корпусу, який влаштовується в перекритті, рами, під яку заводиться гідроізоляція, ковпака або решітки для затримування сміття. Верхня частина воронки (ковпак, решітка) мають отвори з площею перерізу не менше ніж удвічі більшою перерізу відповідного патрубку, для зменшення опору руху та підпору води перед воронкою. Воронки обов'язково герметично з'єднані з покрівлею, щоб атмосферні води не просочувалися й не руйнували перекриття. Для цього шар гідроізоляції кріпиться болтами між корпусом і рамою та заливається зверху мастикою.

Вода з внутрішніх водостоків може відводитись на вимощення будинків (відкриті випуски) або в мережі дощової або загально сплавної каналізації (закриті випуски).

Відкриті випуски (рис. 11.6) виконують у вигляді сталевий або чавунної труби, що виходить із стіни будівлі (виліт не менше 150 мм) на висоті не менше 150 мм від лотка, що запобігає розмиванню ґрунту біля будівлі. Щоб випуск не промерзав зимою, зазор між стіною і трубою 1 заповнюють шаром теплоізоляції 3 (мінеральною ватою) товщиною не менше 50 мм. В районах з розрахунковою температурою нижче -5°C відкриті випуски обладнують гідрозатвором 4, який не дає попадати холодному повітрю в стояк і таким чином не промерзати.

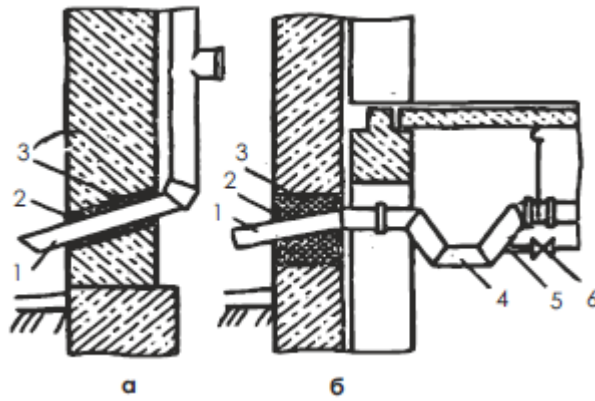


Рисунок 11.6 – Відкриті випуски водостоків:

а) без гідрозатвору; б) з гідрозатвором; 1-труба випуску; 2-цементна стяжка; 3-шар теплоізоляції; 4- гідрозатвір; 5-труба для відведення талих вод; 6-кран

Від будівлі забруднені стоки (господарсько-побутові, виробничі та атмосферні) транспортуються окремо або спільно з зовнішньої (підземної) мережі каналізації до очисних споруд для їх очищення і подальшої утилізації.

Контрольні питання:

1. Що таке система каналізації?
2. Які основні елементи входять до складу централізованої системи каналізації?
3. Що таке внутрішня каналізація?
4. Які функції виконує зовнішня каналізація?
5. Яке призначення дворівної мережі каналізації?
6. Що таке дощова каналізація?
7. Що включає в себе система внутрішньої каналізації?
8. Які типи стічних вод відводить внутрішня каналізація?
9. Які основні елементи внутрішньої каналізації?
10. Що таке приймачі стічних вод?
11. Що таке стояк у системі каналізації?
12. Що таке побутова каналізація?
13. Яке призначення виробничої каналізації?
14. Що таке об'єднана система каналізації?
15. Коли доцільно використовувати роздільну систему каналізації?
16. Чому важливо розташовувати санітарні вузли один під одним?
17. Що таке місцеві установки для підкачування стічних вод?
18. Що таке ревізії і прочистки у системі внутрішньої каналізації?
19. Що таке вулична мережа каналізації?
20. Що таке оглядовий колодезь?

Лекція №12 «Зовнішні системи водовідведення»

План лекції:

1. Влаштування трубопроводів та колекторів для водовідвідної мережі
2. Колектори та канали
3. Споруди на каналізаційній мережі

1 Влаштування трубопроводів та колекторів для водовідвідної мережі

Трубопроводи і колектори зовнішніх мереж, які прокладаються в різних гідрогеологічних умовах, на різних глибинах і працюють в самопливному та напірному режимах, повинні мати достатньо великий термін служби, бути надійними в експлуатації, економічними і індустріальними в будівництві. Це досягається правильним вибором матеріалу труб, конструкцій їх стикових з'єднань, ефективної ізоляцією та влаштуванням надійних основ.

До конструкцій зовнішніх мереж пред'являються наступні вимоги:

- міцність – труби і стикові з'єднання без деформацій повинні сприймати тиск насипного ґрунту, навантаження від рухомого транспорту, а також внутрішній тиск води;

- водонепроникність (герметичність) – через стінки труб і стикові з'єднання не повинні надходити в мережу ґрунтові води (інфільтрація) і просочуватися з мережі вода (ексфільтрація) понад встановлених нормативів;

- гладка внутрішня поверхня необхідна для зменшення опорів при русі води;

- забезпечення мінімальної вартості матеріалів та витрачання мінімальної кількості дефіцитних матеріалів.

Згідно з ДБН В.2.5–75:2013 з урахуванням місцевих умов можуть бути застосовані труби згідно з ДСТУ Б В.2.5–25, ДСТУ Б В.2.5–32, ДСТУ Б В.2.5–46, ДСТУ Б В.2.5–47, ДСТУ Б В.2.5–48, ДСТУ Б В.2.5–49, ДСТУ Б В.2.5–50, ДСТУ Б В.2.5–55, ДСТУ Б В.2.5–57, ДСТУ Б В.2.5–63, ДСТУ Б В.2.7–141, ДСТУ Б В.2.7–151, ДСТУ Б В.2.7–178, ДСТУ ББИ–12666–1 для каналізаційних трубопроводів:

- самопливних – безнапірні залізобетонні, бетонні, керамічні, чавунні, азбестоцементні, пластмасові труби та інші труби з корозійно-абразивностійких матеріалів або футеровані такими матеріалами;

- напірних – напірні залізобетонні, азбестоцементні, чавунні, сталеві й пластмасові труби та інші труби з корозійно-абразивностійких матеріалів або з внутрішньою захисною оболонкою з таких матеріалів.

Керамічні безнапірні труби виготовляються за ДСТУ 286–82 з пластичної вогнетривкої глини з розтрубом $D = 150–600$ мм (ДСТУ Б В.2.5–57:2011).

Керамічні труби повинні відповідати таким характеристикам:

- мати на зовнішній стороні кінця стовбура та внутрішній стороні

розтруба не менше п'яти нарізок-канавок глибиною не менше 2 мм;

- бути водонепроникними та при випробуванні витримувати внутрішній гідравлічний тиск не менше 0,15 МПа;

- мати водопоглинання не вище 7–8 %;

- мати на зовнішній і внутрішній поверхнях рівномірне, без пропусків, покриття з хімічно стійкої глазури.

Керамічні труби є найбільш довговічними при влаштуванні водовідвідних мереж, особливо в тих випадках, коли ґрунтові води агресивні. Однак недоліками цих труб є велика кількість стикових з'єднань і крихкість матеріалу. Не рекомендується застосування цих труб при просідаючих ґрунтах. Вони погано сприймають динамічні навантаження, тому ці труби не застосовують на проїздах з інтенсивним рухом і при малих заглибленнях. З'єднання труб виконується введенням гладкого кінця в розтруб із закладенням стику смоляним пасмом і асфальтовою мастикою.

Азбестоцементні безнапірні труби виготовляють за технічними умовами за ДСТУ 1839–80 з гладкими кінцями $D = 100–400$ мм, а для їх з'єднання випускають спеціальні муфти. Ці труби мають гладку поверхню, практично водонепроникні, легко піддаються обробці (розпилюванню, фальцюванню, свердлінню), їх маса в 3,5 рази менше чавунних труб. Значна довжина труб скорочує кількість стикових з'єднань при прокладці мереж, однак вони мають сильну крихкість і здатність до стирання.

Застосування даного виду труб недоцільно на швидкоходах, несучих велику кількість крупної мінеральної суспензії (пісок, шлак, скляний бій). Азбестоцементні труби поставляються в комплекті зі сполучними муфтами і кільцями ущільнювачів. При випробуванні труби і муфти повинні витримувати гідравлічний тиск не менше 0,4 МПа, а труби і муфти вищої категорії якості – не менше 0,6 МПа.

Чавунні безнапірні труби (ДСТУ Б В.2.5–25:2005) виготовляють за ДСТУ 6942–98 діаметром 50–150 мм з розтрубним з'єднанням також використовують для прокладання каналізаційних мереж (при окремому обґрунтуванні). **Чавунні напірні труби** виготовляють з сірого чавуна за ДСТУ 9583–75, використовуються при влаштуванні зовнішніх напірних мереж.

До переваг чавунних труб слід віднести їх високу механічну міцність і довговічність, до недоліків – крихкість і велику витрату металу.

Залізобетонні напірні труби виготовляють діаметром $D = 500–1600$ мм методами віброгідропресування за ДСТУ 12586–83 і центрифугування, з розтрубними з'єднаннями на гумових ущільненнях. Труби, що виготовляються методом віброгідропресування, в залежності від розрахункового внутрішнього тиску в трубопроводі поділяють на чотири класи, а труби, що виготовляються методом центрифугування, – на три класи: I – на тиск 1,0 МПа; II – на тиск 1,0 МПа; III – на тиск 0,5 МПа.

В інженерній практиці застосовують два методи **з'єднання труб**: «шеліга в шелигу» і «за рівнями води». На рис. 12.1, а і б показані схеми

з'єднання трубопроводів однакового діаметра, а на рис. 12.1, *в* і *г* - різного діаметра. При з'єднанні трубопроводів «шелига в шелигу» (рис. 12.1, *а* і *в*) поєднуються верхні частини зводів труб, названі шелигами. Якщо з'єднання труб виконують «за рівнями води» (рис. 12.1, *б* і *г*), то поєднуються по висоті розрахункові рівні води. Найбільш поширеною є думка про необхідність з'єднання трубопроводів однакового діаметра «за рівнями води», а різного діаметра - «шелига в шелигу».

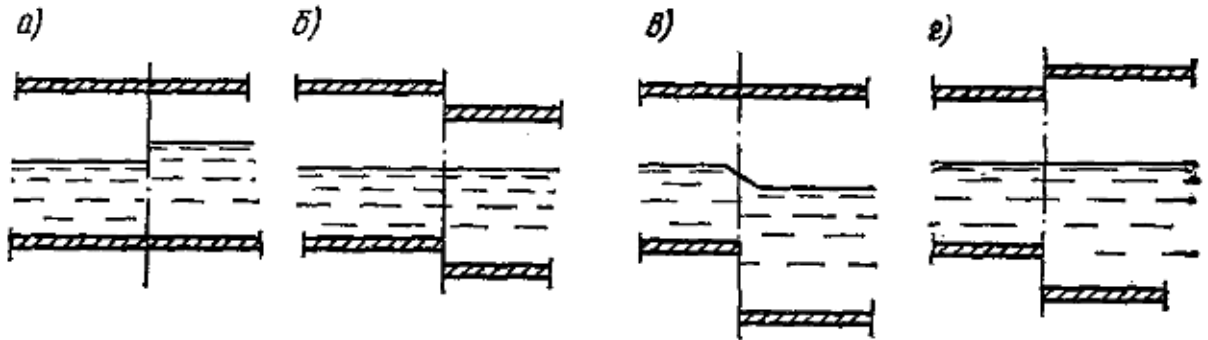


Рисунок 12.1 – Схеми з'єднання каналізаційних труб:
а, в - шелига в шелигу; б, г - за рівнями води

2 Колектори та канали

У загальносплавних, роздільних, комбінованих і виробничих системах каналізації як в нашій країні, так і за кордоном тривалий час успішно експлуатуються колектори і канали великих перетинів, побудовані з цегли в кінці XIX і на початку XX століття. Основні елементи цегляних колекторів будь-якого перетину ідентичні: верхню твірну частину називають склепінням, нижню – лотком. Лотки закладають в фундамент, який з боків колекторів доводять до половини їх висоти (рис. 12.2). Конструкцію фундаменту складають підготовка, плита та стілець. Підготовку виконують з щебеню, гравію або бетону; плиту – з бетону або залізобетону. Товщину плити та марку бетону визначають розрахунком залежно від стійкості ґрунтів і розмірів каналу. Бічна частина колектора називається стільцем. Ширину його визначають статичним розрахунком.

Цегляні колектори круглого перетину (рис. 12.2, *а*) діаметром 600-1800 мм із звичайним або розширеним стільцем, а при великих розмірах – напівеліптичні (шатрового) перетину, краще відповідає статичним умовам роботи при хорошій якості цегли, довговічні та добре пручаються агресивній дії ґрунтових і стічних вод. Однак конструкція їх масивна, вони не індустріальні та коштовні, для їх спорудження потрібна високоякісна пряма та клинчаста цегла, а також багато цементу (приблизно стільки ж, скільки потрібно на виготовлення залізобетонної труби такого ж діаметру). З цієї причини, а також через неможливість механізації робіт будівництво їх припинено.

З переходом на індустріальні методи збірного будівництва колекторів з великорозмірних збірних залізобетонних елементів заводського виготовлення (блоків, труб, кілець і тьобінгів) колекторам

надають форму круглого і прямокутного перерізу. Стілець, плиту і склепіння іноді об'єднують в одному об'ємному елементі.

На рис. 12.2, б представлений комбінований колектор із збірних залізобетонних елементів основи та склепіння, що нагадує формою цегляний колектор. Збірні колектори на 35-50 % дешевше цегельних і залізобетонних колекторів, виконуваних на місці.

Прямокутні колектори застосовують для будівництва побутової та дощової каналізації, а також для прокладки підземних комунікацій. Для будівництва одно- і двосекційних колекторів застосовують чотири елементи: зовнішні стінові блоки довжиною 1,8 м, плити перекриття шириною до 4 м, плити днища шириною до 2,6 м і середні стінні блоки. З таких блоків збирають колектори різного поперечного перерізу (від 2х2 до 3х4 м). Для влаштування плавних поворотів застосовують спеціальні блоки або трапецеїдальні вставки. Однак прямокутні канали перестали відповідати сучасним вимогам індустріальності будівництва і не забезпечують необхідної водонепроникності в стикових з'єднаннях.

Основною конструкцією великих каналізаційних колекторів і водостоків повинні бути круглі залізобетонні безнапірні труби, а для напірних – залізобетонні напірні труби, що виготовляються методом віброгідропресування і центрифугуванням. Перехід від прямокутних каналів на круглі довгомірні труби великого діаметру дозволяє збільшити пропускну спроможність каналів до 10 %, скоротити витрати на монтаж до 30-50 % і забезпечити водонепроникність стику.

Застосування довгомірних труб із плоскою основою (рис. 122, з) дозволяє укладати їх безпосередньо на бетонну підготовку і значно зменшує витрату залізобетону, так як відпадає необхідність у влаштуванні стільця. Трудомісткість робіт з укладання довгих труб із плоскою основою виявилася в 2 рази менше, ніж при влаштуванні каналу з круглих труб.

При будівництві колекторів в районах старої і обмеженої забудови на глибині 6 м і нижче доцільно прокладати їх способом закритої щитової проходки.

Колектори збирають круглого перетину з трапецеїдальних або сегментних залізобетонних блоків – тюбінгів. При проходці тунелів щитами старих конструкцій застосовували тюбінги трапецеїдальні, ширина яких зазвичай не перевищувала 300–350 мм, а число їх по кільцю оброблення було 16–20 шт. Механізовані щити нових уніфікованих конструкцій дозволяють зміцнити стінки тунелів укрупненими тюбінгами у вигляді сегментів шириною 700–800 мм з числом по кільцю оброблення 6–8 шт. Тюбінги і сегменти виготовляють з бетону марки 400 на гранітному щебені крупністю не більше 40 мм. Для забезпечення водонепроникності і підвищення довговічності в каналах з тюбінгів влаштовують внутрішню залізобетонну сорочку з монолітного залізобетону марки 400 на гранітному щебені (рис. 12.1, е), а при будівництві каналу в водонасичених ґрунтах, крім того, гідроізоляцію. Лоток сорочки залізять цементом марки 500.

Якщо потрібно прокласти в тунелі, виконаному щитовим способом, колектор значно меншого діаметру, ніж найменший діаметр прохідницького щита, всередині блокового оброблення тунелю після влаштування залізобетонної водонепроникної сорочки влаштовують лоток з монолітного бетону або зі збірних бетонних елементів, що укладаються на бітумних мастиках. В усіх випадках не слід прагнути зменшувати перетин колектора до розрахункового (якщо це не порушує його гідравлічний режим) з доцільності подальшого розвитку каналізації.

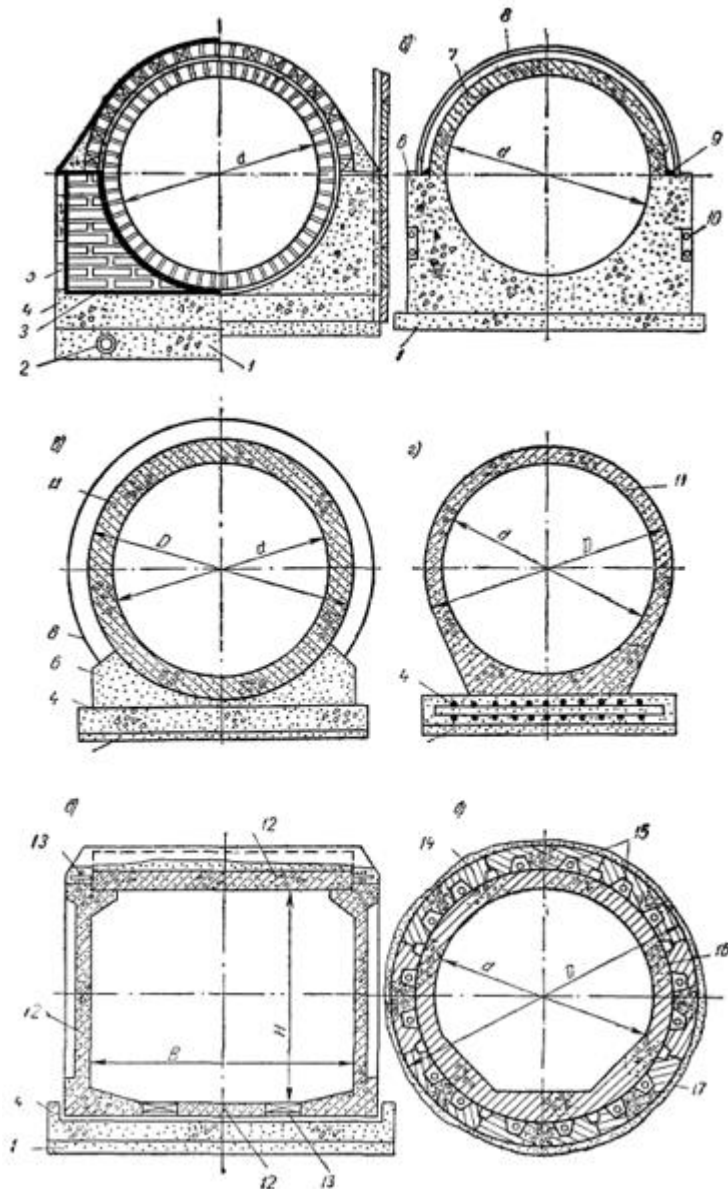


Рисунок 12.2 – Колектори:

а – цегляний; б – комбінований з напівкруглим перекриттям;
 в, г – із залізобетонних труб; д – прямокутний з блоків; е – з тюрбінгів,
 виконаний способом щитової проходки; 1 – підготовка; 2 – дренаж;
 3 – гідроізоляція; 4 – плита; 5 – стілець; 6 – бетонна основа зі збірних
 елементів; 7 – залізобетонне склепіння; 8 – пояс для закладення стиків;
 9 – бітум; 10 – пояс для кріплення блоків; 11 – труба; 12 – блоки;

13 – місця замоноличування; 14 – тюрбінги; 15 – шпильки сталеві, $d = 30$ мм; 16 – водонепроникна сорочка; 17 – цементний розчин, що нагнітається за тюрбінги

3 Споруди на каналізаційній мережі

На каналізаційних мережах споруджують *колодязі й камери*.

Колодязі за своїм призначенням можуть бути оглядовими, сполучними, поворотними, перепадними і промивними. Їх встановлюють: у місцях зміни діаметрів, ухилів, напряду, приєднання притоків, при влаштуванні перепадів.

Між колодязями каналізаційні лінії слід прокладати прямолінійними.

Розрахункова швидкість руху стічної рідини має бути такою, щоб зростала за течією. Зменшення розрахункової швидкості (але не менше мінімальної) допускається лише після перепадних колодязів.

Розрахункова швидкість руху стічної рідини у бокових приєднаннях повинна бути менше, ніж в основному колекторі.

Лінійні колодязі встановлюють на прямих ділянках каналізаційних мереж усіх систем через 35-500 м залежно від діаметру труби (рис. 12.3).

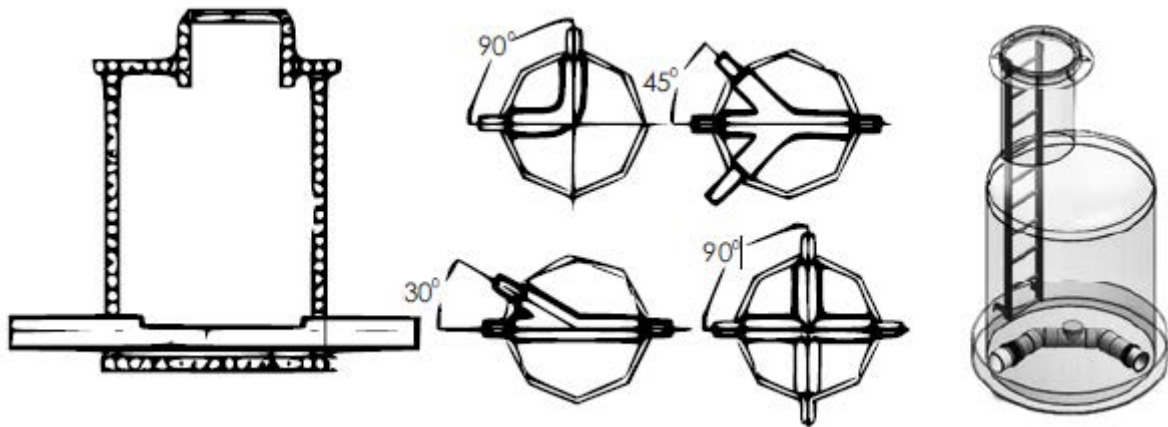


Рисунок 12.3 – Схема прокладання трубопроводу в лінійних колодязях

Промивні колодязі передбачають на тих ділянках каналізаційної мережі, де можливе випадання осаду в трубах.

Перепадні колодязі (рис. 12.4) споруджують в місцях, де з'єднуються труби на різній глибині, що має місце при приєднанні бокових притоків до основної каналізаційної мережі, при влаштуванні перепадів у зв'язку з різкою зміною рельєфу місцевості та при необхідності зменшення швидкості потоку стічних вод по мережі.



Рисунок 12.4 – Перепадні колодязі

З'єднувальні оглядові (рис. 12.5) колодязі встановлюють в місцях з'єднання канал-заційних ліній. Вони забезпечує трьох ступінчастий процес фільтрації.

Ступені процесу фільтрації:

1. Корзина з дрібною сіткою 0,35 мм для збирання крупного сміття;
2. Зона осадження твердого осаду;
3. Сепаратор плаваючих частинок (жири).

Технічні характеристики:

- глибина монтажу від 900 мм до 1600 мм завдяки телескопічній кришці $D = 600$ мм;
- два види виконання: з полімерною кришкою для пішохідних зон і з чавунною кришкою – для проїжджої частини;
- площа збирання дощової води до 1000 м.;
- з'єднувальні труби DN 150.



Рисунок 12.5 – Дренажний оглядовий з'єднувальний колодязь

Контрольні колодязі встановлюють перед червоною лінією забудови з боку будинків в місцях під'єднання дворової, квартальної або промислової мережі до вуличної.

Колодязі на напірних трубопроводах встановлюють при необхідності розміщення в них засувки, випусків та іншої арматури.

Між колодязями каналізаційні лінії слід прокладати прямолінійними. Розрахункова швидкість руху стічної рідини має бути такою, яка зростає за течією. Зменшення розрахункової швидкості (але не менше мінімальної) допускається лише після перепадних колодязів. Розрахункова швидкість руху стічної рідини у бокових приєднаннях повинна бути менше, ніж в основному колекторі.

Камери споруджують на всіх системах каналізації в місцях з'єднання декількох каналізаційних ліній великих діаметрів в один колектор. Камери із збірною залізобетону можуть бути круглими й прямокутними.

Повороти в колодязях і камерах здійснюють за плавними кривими радіусом не менше трьох діаметрів труби найбільшого розміру і, як виняток

за обмежених умов, – не менше двох діаметрів. Повороти колекторів діаметром або висотою від 1,2 м і більше дозволяється влаштовувати поза оглядовими колодязями за кривими з радіусом, рівним не менше п'яти діаметрам або п'ятикратній ширині каналу, з установкою оглядових колодязів на початку і в кінці.

Кут між приєднуваною і відвідною трубою повинен бути не менше 90° , оскільки круті повороти потоків у колодязях створюють додаткові місцеві опори.

У колодязях труби з'єднують за допомогою відкритих лотків, виконаних за плавними кривими.

При перетині каналізаційних колекторів з господарсько-питним водопроводом останній прокладають вище каналізаційних на 0,4 м по вертикалі в світлі. Коли неможливо дотримати цю вимогу і доводиться прокласти водопровід нижче за каналізаційний колектор, для водопроводу застосовують сталеві, а для колектора - чавунні труби. Можна також прокласти водопровід у захисному футлярі завдовжки не менше 5 м в кожную сторону від перетину в глинистих ґрунтах і 10 м в тих, що фільтрують, причому каналізаційна труба на цій ділянці повинна бути металевою.

Самопливні трубопроводи часто перетинаються з різними природними та штучними перешкодами. До природних перешкод відносяться струмки, ріки, яри тощо; до штучних – автомобільні та залізні дороги, підземні колектори, трубопроводи різного призначення, кабелі, пішохідні переходи, лінії метрополітену та інші споруди.

Конструкція перетину залежить від взаємного висотного розташування (різниці відміток) трубопроводу і перешкоди. Якщо трубопровід безпосередньо перетинається з перешкодою, тобто трубопровід і перешкода розташовані на одній і тій же позначці або різниця їх незначна, то перетин виконується у вигляді *дюкера* – напірного трубопроводу, що з'єднує два самопливних трубопроводи.

Дюкер складається з наступних основних елементів: *напірних трубопроводів, верхньої та нижньої камер.* Напірні трубопроводи дюкера виконуються не менше ніж з двох ниток сталевих труб з посиленою антикорозійною ізоляцією. Діаметр їх повинен бути не менше 150 мм. Обидві нитки повинні бути робочими. Лише при невеликих витратах допускається влаштування дюкера з однією робочою і однією резервною трубою.

Дюкер укладається в траншеї по дну русла. Кут ухилу висхідної частини дюкера повинен бути не більше 20° . Глибина закладення підводної частини трубопроводу повинна прийматися не менше $h = 0,5$ м до верху труби, а в межах фарватеру на судноплавних річках не менше $h = 1$ м. Відстань між трубами дюкера в світлі повинна бути не менше $b = 0,7-1,5$ м (залежно від діаметру та інших особливостей влаштування дюкера).

Переходи під залізними і автомобільними дорогами застосовують: для доріг, що проходять в глибоких виїмках, – *дюкерні*, а в інших випадках – *самопливні*.

Переходи дюкерного типу під дорогами укладають з тими ж умовами розрахунку, будівництва та експлуатації, що і дюкери під річками.

Переходи самопливного типу виконують із сталевих, чавунних або напірних залізобетонних труб того ж діаметру, що і підвідний колектор. Переходи під коліями мають такі конструкції: сталева труба без футляра (кожуха); труба в монолітному бетонному або залізобетонному стільці; труба в футлярі-кожусі; відкритий лоток в галереї або тунелі. Труби в монолітному стільці під дорогами укладають при мілкому закладенні і відкритому способі виробництва робіт. Перехід у вигляді труби у футлярі прокладають способом продавлювання за допомогою гідравлічних домкратів або горизонтальним бурінням. У місцях переходу траса трубопроводу повинна бути прямолінійною і перетинати дороги під кутом, близьким до прямого.

Переходи трубопроводів через залізниці та автомобільні дороги першої та другої категорії, а також через міські магістралі слід передбачати у футлярах (коробках) або тунелях.

Заглиблення трубопроводу від підшви рейки або покриття автомобільної дороги залежить від способу виробництва робіт. Так при відкритому способі це відстань не менше 1 м до верху труби або футляра, тоді як при закритому способі (продавлювання, прокол, горизонтальне буріння, щитова проходка) – не менше 1,5 м до верху футляра. При влаштуванні переходів доцільно передбачати у верхньому і нижньому найближчих колодязях запірну арматуру, що дозволяє відключати перехід на профілактику або ремонт.

Естакади влаштовують при перетині глибоких ярів або суходолів самопливними трубопроводами, відмітки лотка яких значно перевищують відмітки дна перетинаємої перешкоди. Конструктивно естакада являє собою міст на високих опорах, по якому прокладений самопливний трубопровід з довгомірних металевих і залізобетонних труб в утепленому коробі – футлярі. Короб утеплюють шлаком, керамзитом, мінеральною ватою. Естакада по конструкції більш проста, ніж дюкер, і може одночасно використовуватися як пішохідний міст. На трубопроводі замість оглядових колодязів влаштовують ревізії для прочищення труб, а перед естакадою – аварійний випуск, пристрій якого погоджують із санітарно-епідеміологічною службою. Напірні водовідвідні трубопроводи, які прокладаються, як правило, у дві лінії, при перетині річок і ярів підвішують в утеплених коробах до прольотів існуючих мостів.

Контрольні питання:

1. Які основні вимоги пред'являються до конструкцій зовнішніх мереж водовідведення?

2. Які матеріали використовуються для виготовлення самопливних трубопроводів?
3. Чим азбестоцементні труби відрізняються від чавунних за характеристиками?
4. Які переваги та недоліки чавунних труб?
5. Як класифікуються залізобетонні напірні труби залежно від розрахункового внутрішнього тиску?
6. Які види з'єднань застосовуються для трубопроводів різного діаметру?
7. Що таке "лоток" у конструкції колектора?
8. Чим відрізняються конструкції цегляних та залізобетонних колекторів?
8. Які переваги мають круглі колектори з довгомірних труб?
10. Які способи застосовуються для прокладання колекторів у районах старої забудови?
11. Що таке тюрінги і для яких конструкцій вони використовуються?
12. Як забезпечується водонепроникність каналів із тюрінгів?
13. Які основні види колодязів використовуються в системах водовідведення?
24. У яких випадках встановлюються перепадні колодязі?
15. Що таке дренажний оглядовий з'єднувальний колодязь, і які його функції?
16. Які вимоги пред'являються до з'єднання труб у колодязях?
17. У яких випадках використовуються контрольні колодязі?
18. Що таке камера, і для чого її встановлюють на каналізаційній мережі?
19. Які особливості повинні враховуватися при поворотах колекторів у камерах?
20. Що таке дюкер, і коли він застосовується?
21. Які елементи входять до складу дюкера?
22. Які вимоги до переходів трубопроводів через автомобільні та залізні дороги?
23. Що таке естакада, і в яких випадках вона застосовується?
24. Як здійснюється прокладання водопроводів при перетині їх із каналізаційними колекторами?

Лекція №13 «Очищення стічних вод»

План лекції:

1. Механічне очищення стічних вод
 - 1.1 Решітки
 - 1.2 Піскоуловлювачі
 - 1.3 Відстійники
2. Біологічне очищення стічних вод
 - 2.1 Біологічне очищення стічних вод у природних умовах. Поля зрошення і поля фільтрації
 - 2.2 Споруди біологічного очищення стічних вод у штучно створених умовах

1 Механічне очищення стічних вод

Стічні води, які поступають на очисні споруди водовідведення, мають забруднення мінерального походження (пісок, глину, розчинені в воді солі, ін.); біологічного походження (продукти життєдіяльності людини, ін.); шкідливі хімічні речовини (стічні води промислових підприємств), та хвороботворні бактерії.

Очищення стічних вод передбачає видалення всіх вищевказаних забруднень та підготовка води до відносно чистого стану. Вимоги до фізико-хімічного стану стічної води, при скиданні в поверхневі водойми, регулюються державними санітарними нормами та правилами, та вимогами місцевої влади в залежності від якості води тої чи іншої поверхневої водойми, куди планується скидання стічних вод.

На спорудах очищення стічних вод відбувається механічне, хімічне, біологічне очищення. Усі забруднення видалені під час очищення також проходять певну обробку на спорудах обробки осаду.

Принципова схема очисних споруд наведена на рисунку 13.1.

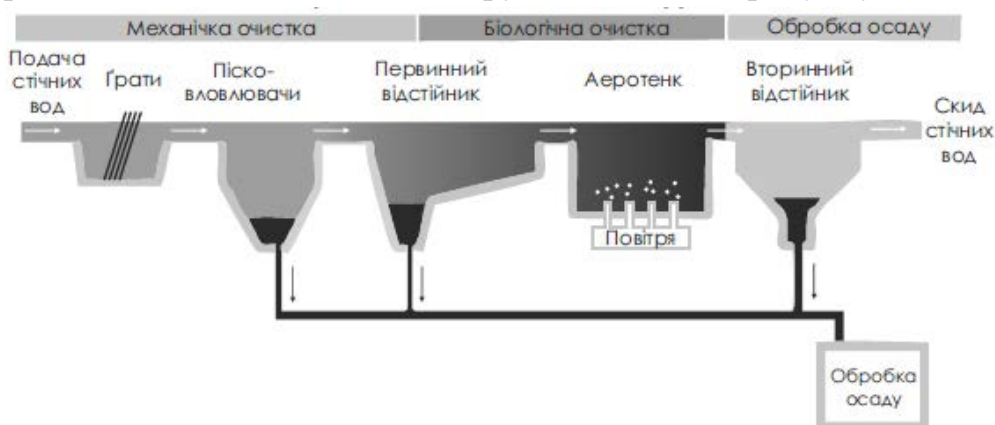


Рисунок 13.1 – Принципова схема очисних споруд

Механічне очищення полягає в видаленні із стічної рідини забруднень мінерального походження, що знаходяться в ній у нерозчиненому та завислому стані, а також від сторонніх предметів, що плавають у стічних водах.

Механічним способом можна досягти виділення з побутових стічних вод до 60% нерозчинених домішок. В останні роки для інтенсифікації процесу застосовують їх попередню аерацію. Таким способом можна збільшити ефективність очистки до 75%.

У процесі механічної очистки стічних вод з середовища відокремлюються тверді і зважені частинки. Це попередній етап підготовки стоків до скидання або повторного використання, в процесі якого середовище готується до біологічної або фізико-хімічної очистки.

Основні механічні методи очищення стічних вод підприємств або каналізаційних систем:

Проціджування. Це первинний щабель очищення води, в процесі якого стоки пропускаються через решітки для очищення стічних вод, які затримують волокна і нерозчинні домішки.

Відстоювання - з стічних вод видаляються зважені частинки. Метод заснований на дії сил гравітації - забруднення опускаються на дно ємності для відстоювання.

Фільтрування - відділення зважених речовин шляхом проходження стоків через дрібнопористий сітки або пористі матеріали (антрацит, кварцовий пісок, гравій або інший матеріал).

Центрифугування стоків в гідроциклонах - відділення твердих частинок в потоці обертових середовищ.

Після механічного водоочищення проводиться зневоднення осаду стічних вод, воно також складається з декількох етапів:

Підготовчого. Попереднє зневоднення осаду стічних вод здійснюється за допомогою фільтрів-пресів шляхом кондиціонування органічною флокуляцією - агрегуванням осаду за допомогою флокулянтів. Це сприяє підвищенню віддачі осадом води.

Основного. Отриманий після попереднього етапу зневоднення осаду стічних вод шар затверділих частинок покривається негашеним вапном і перетворюється в гранули. В процесі реакції температура шару затверділих частинок зростає до + 80 °С. Це сприяє зневодненню і знезараженню осаду.

Фінального - остаточного зневоднення осаду стічних вод шляхом механічної дії (відцентровою силою, розрядженням або тиском) на шар затверділих частинок.

Основні елементи споруд для механічного очищення стічних вод від забруднень: решітки; пісколовки; відстійники.

1.1 Решітки

Решітки є першим елементом всіх технологічних схем. Використовують для механічного затримання великих домішок розміром більше за 5 мм. За конструктивними особливостями розрізняють рухомі, нерухомі та суміщені з дробарками.

Залежно від величини прозору решітки поділяють на: решітки грубої очистки (прозори 30–200 мм); решітки середньої очистки (прозори 10–30 мм); решітки тонкої очистки (прозори 1–10 мм).

За допомогою решіток для очищення стічних вод з середовища видаляються великі плаваючі забруднення. Грати можуть бути рухомими і нерухомими. Вони встановлюються під кутом 65–75 ° до горизонту. В процесі експлуатації решітки для очищення стічних вод потрібно регулярно очищати від налиплих забруднень.

Первинне грубе очищення стічних відбувається на ґратах – видаляються сторонні предмети та крупні плаваючі забруднення (папір, ганчірки, листя, ін.). Далі стічні води поступають в піскоуловлювачі.

1.2 Піскоуловлювачі

Піскоуловлювачі призначені для затримання важких мінеральних домішок (головним чином піску), що містяться у стічних водах. Зазвичай встановлюють їх перед відстійниками. Застосування піскоуловлювачів обумовлюється тим, що при сумісному вилученні у відстійниках мінеральних і органічних домішок виникають значні ускладнення при видаленні осаду з відстійників й подальшому його зброджуванні у метантенках.

Піскоуловлювачі розраховують на затримання піску з крупністю зерен 0,15–0,2 мм і гідравлічною крупністю 13,2–24,2 мм/с. Принцип дії піскоуловлювачів заснований на тому, що під дією сили ваги частинки, питома вага яких більше, ніж питома вага води, випадають на дно.

Для затримання піску на очисних станціях використовують піскоуловлювачі декількох типів, які відрізняються напрямком і характером руху рідини: з горизонтальним прямолінійним рухом рідини; горизонтальні піскоуловлювачі з коловим рухом рідини; з гвинтовим рухом рідини по колу (тангенціальні піскоуловлювачі); з горизонтальним гвинтовим рухом рідини (аеровані піскоуловлювачі); вертикальні.

1.3 Відстійники

Залежно від призначення у технологічній схемі очисної станції відстійники поділяють на такі:

1. Первинні відстійники, призначені для освітлення стічних вод

після решіток і піскоуловлювачів (встановлюють перед спорудами біологічного очищення).

2. Вторинні відстійники, призначені для розділення мулової суміші після аеротенків чи затримання надлишкової біоплівки після біофільтрів.

3. Третинні відстійники, призначені для освітлення біологічно очищених стічних вод після їх обробки коагулянтами.

За режимом роботи розрізняють відстійники періодичної та безперервної дії. Відстійники періодичної дії використовують зазвичай при невеликих витратах або періодичному надходженні стічних вод. Ці відстійники являють собою металеві чи залізобетонні резервуари з конічним днищем. Розміри відстійника періодичної дії визначаються витратою стічних вод та кінетикою осадження завислих речовин. На міських очисних спорудах зазвичай застосовують відстійники безперервної дії, в яких здійснюється очищення при будь-яких витратах стічних вод.

Завислі речовини, що містяться в стічних водах, складаються з частинок різного розміру, гідравлічна крупність яких змінюється в значних межах і являють собою полідисперсну, агрегативно нестійку систему. Частинки неоднорідні, мають хороші адгезійні властивості й здатність до агломерації при осадженні. Розрізняють агломерацію (укрупнення) частинок в умовах дифузійної коагуляції (що має місце при руйнуванні колоїдних систем, розміри частинок яких не перевищують 0,1 мкм) і ортокінетичної або гравітаційної флокуляції.

Для основної маси грубодисперсних частинок розмірами 1–1 000 мкм визначальною є флокуляція. Завдяки своїм адгезійним властивостям частинки агломеруються при взаємних зіткненнях в умовах стисненого осадження, що зумовлює зміну їх форми, розмірів, густини і, як наслідок, швидкості осадження. Таке явище називають гравітаційною або ортокінетичною коагуляцією.

За конструктивними особливостями і напрямом руху стічних вод у споруді відстійники поділяють на горизонтальні, вертикальні та радіальні.

Тип відстійника приймають на підставі прийнятої технологічної схеми очищення стічних вод і обробки їх осаду, потужності споруд, черговості будівництва, числа одиниць, що експлуатуються, рельєфу місцевості, геологічних умов, рівня ґрунтових вод.

Горизонтальні відстійники застосовують при продуктивності очисної станції більше за 15 000 м³/добу, радіальні – понад 20 000 м³/добу, вертикальні до 20 000 м³/добу.

2 Біологічне очищення стічних вод

Біологічне очищення стічних вод ґрунтується на здатності різних груп мікроорганізмів руйнувати в процесі своєї життєдіяльності розчинні органічні речовини, що містяться в стічних водах, тобто використовувати розчинені органічні забруднення стічних вод в якості продуктів харчування, в результаті чого вони отримують енергію для своєї життєдіяльності, а стічна вода звільняється від цих забруднень.

Біологічне очищення може здійснюватися наступними методами:

- в умовах, близьких до природних;
- у штучно створених умовах.

Біологічне очищення в умовах, близьких до природних, полягає у пристосуванні за допомогою технічних засобів природних біоценозів ґрунтів чи водойм до приймання стічних вод і природного біологічного окислення органічних речовин, що містяться у стічних водах.

Спори для біологічного очищення стічних вод в умовах, близьких до природних, поділяють на споруди, в яких відбувається фільтрування очищуваних стічних вод через шар ґрунту (*поля фільтрації та поля зрошення*), і на споруди, що являють собою водойми (*біоставки*), заповнені очищуваною стічною водою. У спорудах першого типу надходження кисню відбувається головним чином за рахунок його безпосереднього поглинання мікроорганізмами з повітря. У спорудах другого типу надходження кисню відбувається головним чином за рахунок реаерації чи штучної аерації. Однак невисока інтенсивність природних біохімічних процесів, велика площа споруд і кліматичні умови обмежують широке застосування методів біологічного очищення стічних вод на полях фільтрації, полях зрошення і у біоставках.

До споруд аеробного біологічного очищення у штучно створених умовах відносяться біофільтри і аеротенки. *Біофільтр* – резервуар з фільтруючим матеріалом, поверхня якого покрита біоплівкою (колонія мікроорганізмів, що здатні сорбувати й окисляти органічні речовини і стічних вод). *Аеротенк* – резервуар, в якому очищувані стічні води змішуються з активним мулом (біоценоз мікроорганізмів, також здатних поглинати органічні речовини зі стічних вод).

Принцип очищення у цих спорудах той самий, що лежить в основі природних методів очищення. Однак екологічні системи біофільтрів і аеротенків суттєво відрізняються від природних аналогів екстремальними умовами існування біоценозів, можливістю підтримання в них оптимальних умов життєдіяльності організмів біоценозу (навантаження за органічними речовинами, температура, рН, кількість розчиненого кисню тощо). Усе це разом узятє забезпечує високу інтенсивність біохімічних процесів у цих

спорудах.

Під терміном «біологічне очищення стічних вод» у практиці водоочищення зазвичай розуміють процеси аеробної біологічної очистки, які відбуваються під дією аеробних мікроорганізмів за наявності у воді розчиненого кисню. Здатність мікроорганізмів біологічної плівки й активного мулу споживати сполуки різноманітного хімічного складу і їх висока адаптаційна спроможність до змінюваних умов зовнішнього середовища дозволяє ефективно очищувати стічні води від органічних сполук, що містяться у побутових стічних водах, а також від біологічно окислювальних речовин, що містяться у виробничих стічних водах. На сьогодні біологічне очищення стічних вод на біофільтрах і в аеротенках є основним, найбільш ефективним та економічно доцільним методом очищення міських і багатьох категорій виробничих стічних вод.

2.1 Біологічне очищення стічних вод у природних умовах. Поля зрошення і поля фільтрації

Методи очищення стічних вод у ґрунті засновані на здатності ґрунту до самоочищення. Самоочищення ґрунту зумовлюється його поглинальною спроможністю, під якою розуміють спроможність ґрунту затримувати розчинні, колоїдні і нерозчинні домішки. Внаслідок механічної поглинальної спроможності, яка пов'язана з пористістю ґрунту, затримуються нерозчинні домішки стічних вод, в тому числі бактерії та яйця гельмінтів. Завдяки хімічній поглинальній спроможності з води вилучаються ті аніони, які утворюють нерозчинні сполуки з катіонами ґрунту (наприклад фосфати). Біологічна поглинальна спроможність ґрунту полягає у використанні органічних і мінеральних домішок стічних вод організмами ґрунту.

Біоценоз ґрунту являє собою складне угруповання бактерій, грибів, актиноміцетів, водоростей, найпростіших, хробаків і личинок комах. В біологічному відношенні найбільш активним є шар ґрунту глибиною 20 см.

При фільтруванні стічних вод через шар ґрунту в ньому розвивається мікробна плівка, біоценоз якої складається з мікроорганізмів стічних вод і мікронаселення ґрунту, що пристосувалося до специфічних умов, які виникають у ґрунті при зрошенні його стічними водами. При цьому загальна кількість бактерій збільшується в декілька разів. Вважається, що основну частину бактеріального населення полів зрошення складають природні мешканці ґрунту, а більшість бактерій, які вносяться в ґрунт із стічними водами, відмирає під дією різноманітних фізичних, хімічних і біологічних чинників.

Підраховано, що з моменту надходження на поля до моменту виходу в дренаж кожна порція стічних вод має контакт з ґрунтом протягом

приблизно не менше 6–12 діб. Цим, а також розвиненою активною поверхнею ґрунту і великою масою мікроорганізмів у ньому пояснюється високий ефект очищення стічних вод, що досягається на полях зрошення і полях фільтрації.

Різні види забруднень стічних вод проникають у шар ґрунту на різну глибину. Бактерії, віруси, яйця гельмінтів затримуються у самому верхньому шарі. Дещо глибше проникають органічні речовини й амонійний азот, ще глибше – хлориди та нітрати. Встановлено, що поверхнево-активні речовини слабо поглинаються ґрунтом і тому здатні проникати у дуже глибокі шари, потрапляючи в ґрунтові води. Крім того, ПАР зменшують можливість концентрації речовин на поверхні частинок ґрунту, іншими словами, знижують його поглинальну спроможність. У присутності ПАР бактерії, віруси і яйця гельмінтів мають можливість проникати в більш глибокі шари ґрунту.

Найважливішим чинником, що зумовлює швидке окислення домішок стічних вод, є кисень. Хороша аерація досягається тільки у верхньому шарі ґрунту глибиною 20–30 см, тому саме тут спостерігається найінтенсивніша мінералізація органічних речовин. Поряд із гетеротрофними бактеріями в окисленні органічних речовин беруть активну участь і гриби. Фотосинтетична активність водоростей, що розвиваються в самому верхньому шарі ґрунту, сприяє його аерації. У добре аерованому верхньому шарі ґрунту інтенсивно відбуваються процеси нітрифікації. Твердий субстрат, яким є ґрунт, його особливі фізико–хімічні умови знижують шкідливий вплив амонійного азоту, створюючи можливість симбіотичної життєдіяльності гетеротрофних і нітрифікуючих бактерій. Нітрат – іон, що має велику рухливість, вільно проникає вглиб ґрунту, забезпечуючи можливість окислення залишкових концентрацій органічних речовин унаслідок процесу денітрифікації.

Стічні води, очищені на полях зрошення або полях фільтрації, при дотриманні допустимих гідравлічних навантажень практично повністю звільняються від патогенних бактерій і яєць гельмінтів. Однак санітарний стан ґрунту серйозно погіршується. Неспороносні патогенні бактерії зберігаються в ґрунті порівняно недовго, але спори ряду хвороботворних бактерій і яйця гельмінтів не втрачають життєздатності роками. З цих причин на полях зрошення рекомендується вирощувати культури, що не вживаються в їжу у сирому вигляді, головним чином, трав'яні.

Ступінь очищення стічних вод на полях зрошення і полях фільтрації значно знижується у зимовий період через уповільнення і навіть припинення біологічних процесів при низьких температурах. У цей період поля всіх видів працюють здебільшого як накопичувачі стічних вод шляхом поверхневого

наморожування.

Методи біологічного очищення стічних вод на полях зрошення і полях фільтрації за інтенсивністю біохімічних процесів значно поступаються аеротенкам і біофільтрам, але за якістю очищеної води вони порівнянні, а в деяких випадках забезпечують більш ефективне очищення, ніж у штучностворених умовах, особливо від біогенних елементів. Недоліком природних методів очищення є велика площа земельних ділянок, необхідних для влаштування полів, а також сезонність їх роботи.

У промислово розвинених країнах практично повністю відмовились від очищення стічних вод на полях зрошення і полях фільтрації, що зумовлено: поступовим накопичуванням у ґрунтах біологічно неокислюваних забруднень; надходженням у ґрунти зі стічними водами речовин, які згубно впливають на флору й фауну ґрунтів; високою вартістю, труднощами у придбанні для очищення земель навколо населених пунктів і різким підвищенням енергетичних витрат при віддаленні таких споруд від населених пунктів; санітарною неблагонадійністю як самих цих споруд, так і вирощуваної на них сільськогосподарської продукції; практично повною відсутністю технологічного контролю та управління процесами очищення стічних вод у ґрунті; налагодженим серійним випуском малих очисних установок будь-якої продуктивності для очищення стічних вод у штучно створених умовах; типізацією будівництва великих очисних споруд з використанням інтенсивних методів очистки і знезаражування стічних вод.

2.2 Споруди біологічного очищення стічних вод у штучно створених умовах

До споруд біологічного очищення відносять аеротенки, біофільтри, а також штучно створені біоставки, вторинні відстійники, анаеробні реактори та території для мулових майданчиків.

Аеротенки – це основні споруди для аеробного біологічного очищення стічних вод. Вони працюють на основі активного мулу – спеціального біологічного осаду, що складається з мікроорганізмів, здатних розкласти органічні сполуки.

Основні елементи аеротенків

Резервуар: велика ємність, де відбувається очищення.

Система аерації: забезпечує подачу повітря для підтримання життєдіяльності мікроорганізмів.

Змішувальна зона: для рівномірного перемішування активного мулу зі стічною водою.

Принцип роботи

Стічні води надходять у резервуар аеротенку. За допомогою системи аерації у воду подається повітря, збагачене киснем. Активний мул, що містить мікроорганізми, переробляє органічні забруднення, перетворюючи їх на вуглекислий газ, воду та біомасу. Відпрацьовану воду направляють до вторинного відстійника для відділення мулу.

Типи аеротенків

Повного окиснення: для глибокого очищення води.

Класичні аеротенки: забезпечують стандартне очищення.

Аеротенки з денітрифікацією: дозволяють видаляти азотисті сполуки.

Переваги аеротенків

Висока ефективність видалення органічних забруднень.

Компактність споруди в порівнянні з природними ставками.

Можливість комбінування з іншими технологіями.

Біофільтри: принцип дії та конструкція

Біофільтри – це споруди, в яких стічні води очищуються шляхом їх проходження через завантажувальний матеріал, вкритий біоплівкою з мікроорганізмів.

Основні елементи біофільтра

Завантажувальний матеріал: шар гравію, щебеню або синтетичних матеріалів, де формується біоплівка.

Система подачі води: рівномірно розподіляє стічні води по поверхні завантаження.

Система аерації: забезпечує кисень для мікроорганізмів.

Принцип роботи

Стічні води надходять у біофільтр і рівномірно розподіляються по поверхні завантаження. Під час проходження води через завантаження мікроорганізми на біоплівці поглинають і розкладають забруднення.

Очищені води збираються у нижній частині споруди та направляються до вторинного відстійника.

Типи біофільтрів

Класичні біофільтри: із завантаженням із природних матеріалів (гравій, щебінь).

Контактні біофільтри: із сучасними синтетичними матеріалами (пластикові гранули, сітки).

Крапельні біофільтри: для рівномірного зрошення завантаження.

Переваги біофільтрів

Простота конструкції та експлуатації.

Можливість очищення великих обсягів стоків.

Енергоефективність (менша потреба в енергії порівняно з аеротенками).

Вторинні відстійники – це споруди для відокремлення активного мулу чи інших завислих часток із очищених стічних вод. Вони є завершальним етапом роботи аеротенків або біофільтрів.

Основні елементи відстійника

Резервуар: забезпечує зниження швидкості потоку води для осадження частинок.

Механізми для збору осаду: видаляють осаджений мул із дна резервуара.

Водозбірні пристрої: для збору очищеної води з поверхні.

Принцип роботи

Відпрацьована вода з аеротенків або біофільтрів надходить у резервуар. Під дією сили тяжіння тверді частинки осідають на дно.

Очищена вода збирається та направляється для подальшого використання або скиду у водойму.

Осаджений мул перекачується для обробки чи повторного використання в аеротенках.

Переваги вторинних відстійників

Зменшення кількості завислих речовин у воді.

Можливість повторного використання активного мулу.

Підвищення загальної ефективності системи очищення.

Контрольні питання:

1. Які види забруднень можуть міститися у стічних водах?
2. Що таке механічне очищення стічних вод і які його основні завдання?
3. Які основні методи механічного очищення стічних вод ви знаєте?
4. На які типи поділяються відстійники залежно від їхнього призначення?
5. У чому полягає різниця між первинними та вторинними відстійниками?
6. Що таке біологічне очищення стічних вод і на чому воно ґрунтується?
7. Які методи біологічного очищення ви знаєте?
8. У чому різниця між біологічним очищенням у природних і штучно створених умовах?
9. Які переваги та недоліки мають поля зрошення і поля фільтрації?
10. Які споруди використовуються для біологічного очищення стічних вод у штучно створених умовах?
11. Що таке аеротенк і як він працює?

Лекція №14

«Обробка та знешкодження осаду стічних вод»

План лекції

- 1 Види осадів стічних вод, їх загальна характеристика
- 2 Завдання і сутність методів обробки осадів стічних вод
- 3 Ущільнення і згущення осадів
4. Знезараження та утилізація осадів

1 Види осадів стічних вод, їх загальна характеристика

Осади стічних вод (або шлами) – це тверді частинки, що утворюються в процесі очищення стічних вод на очисних спорудах. Вони виникають у результаті осадження, фільтрації або інших методів видалення забруднюючих речовин із води. Основні джерела цих осадів – побутові, промислові та дощові стічні води.

Залежно від умов формування і особливостей відділення розрізняють осади первинні та вторинні.

До первинних осадів відносять грубодисперсні домішки, які знаходяться в твердій фазі й виділені з води такими методами механічного очищення, як проціджування, седиментація, фільтрація, флотація, осадження у відцентровому полі. До вторинних осадів відносять домішки, що спочатку знаходяться у воді у вигляді колоїдів, молекул та іонів, але в процесах біологічного або фізико-хімічного очищення води або обробки первинних осадів утворюють тверду фазу.

Відходи, утворювані в процесі очищення виробничих стічних вод на промислових підприємствах, до яких відносять і осади стічних вод, залежно від місця їх утворення, зовнішнього вигляду і консистенції підрозділяють на чотири класи токсичності за ступенем небезпеки: надзвичайно небезпечні; високо небезпечні; помірно небезпечні; малонебезпечні.

Дану класифікацію небезпеки хімічних речовин дають на основі їх ГДК в ґрунті за розрахунковим індексом токсичності.

За дією на навколишнє середовище також виділяють чотири класи осадів, які можна ідентифікувати з попередніми: токсичні нестабільні органічні і мінеральні осади; токсичні стабільні мінеральні осади; інертні нестабільні органічні осади; інертні стабільні мінеральні осади.

Для обґрунтування технології переробки та утилізації осадів

необхідні відомості про різні *властивості осадів*, серед яких:

- щільність осаду ρ , кг/м^3 – це його маса, яку містить одиниця об'єму;
- концентрація твердої фази за об'ємом (об'ємна концентрація) – відношення об'єму твердої фази до вихідного об'єму аналізованої проби осаду;
- концентрація твердої фази за масою (масова концентрація), яку характеризують відношенням маси твердої речовини до вихідної маси відібраної проби осаду;
- питома концентрація маси твердої фази, кг/м^3 ;
- вологість осаду в долях одиниці або у відсотках характеризують відношенням маси рідини до загальної маси вологого осаду;
- зольність осаду – характеризує вміст нелетких мінеральних домішок;
- гранулометричний склад твердої фази осадів;
- теплофізичні характеристики осадів;
- хімічний склад осадів надає істотний вплив на їх водовіддачу. Так луги, сполуки заліза, алюмінію, хрому, міді сприяють інтенсифікації зневоднення осаду і знижують витрати хімічних реагентів на їх коагуляцію перед зневодненням, а масла, жири, азотисті сполуки, волокнисті речовини, навпаки, несприятливо впливають на процеси зневоднення осаду. Крім того, осад має величезну бактерійну забрудненість. В ньому є всі основні форми бактерійних забруднень (збудників шлункових, кишкових захворювань, яйця гельмінтів та ін.), що викликає небезпеку виникнення інфекцій;
- інші показники, серед яких теплота згорання органічної маси осадів, електропровідність й електрокінетичні властивості осадів, питома поверхня, спіклівість, вихід летких речовин, хімічне недопалення, паливні властивості осаду, кінетика сушки, здібність осадів до ущільнення у відцентровому полі та за допомогою фільтрації та ін.

Основні типи осадів:

- сирий осад: Утворюється під час первинного очищення, коли тверді частинки осідають на дні відстійників.
- активний мул: Це біомаса мікроорганізмів, яка утворюється в процесі біологічного очищення.
- стабілізований осад: Отримується після обробки осадів, наприклад, у процесі анаеробного або аеробного бродіння, для зниження їх об'єму та небезпеки.

2 Завдання і сутність методів обробки осадів стічних вод

Сутність обробки осадів полягає в задоволенні наступних вимог:

- осад не повинен містити джерел шкідливого впливу на навколишнє середовище;
- осад не має містити джерел захворювань людей і тварин;
- агрегатний стан твердих частинок осаду повинен відповідати способу та засобам його утилізації або ліквідації (у рідкому, згущеному або висушеному вигляді).

Основне завдання обробки осадів стічних вод полягає в отриманні кінцевого продукту, властивості якого забезпечували б можливість його утилізації, або звели до мінімуму збиток, що наноситься навколишньому середовищу, і проводиться з метою зменшення об'єму осаду і його знезараження.

Технологічні процеси обробки осадів стічних вод можна розділити на наступні **основні стадії**:

- ущільнення (згущення);
- стабілізація органічної частини;
- кондиціонування;
- зневоднення;
- термічна обробка;
- утилізація цінних продуктів;
- ліквідація осадів.

Технологічний цикл обробки осадів стічних вод, що включає всі види обробки, ліквідації й утилізації, представлений на рисунку 14.1.

3 Ущільнення і згущення осадів

Ущільнення – найбільш поширений спосіб зменшення об'єму осаду. В процесі діяльності мікроорганізмів кількість активного мула безперервно збільшується, при цьому утворюється надлишковий активний мул, який відділяють від рециркуляційного (що направляють в аеротенки). Враховуючи високу вологість надлишкового активного мула (до 99,2–99,7 %), необхідно здійснювати його ущільнення.

Зазвичай ущільнюють надлишковий активний мул, в окремих випадках – суміш активного мула й сирого осаду, достатньо рідко – сирий осад. Ущільнювати можуть також анаеробно зброжені та аеробно стабілізовані осадки. Оскільки вологість ущільненого осаду різко зменшується, то об'єм споруд при подальшій його обробці також скорочується.

На вибір оптимальної схеми ущільнення істотно впливає не тільки тип ущільнювача, але і властивості активного мула.

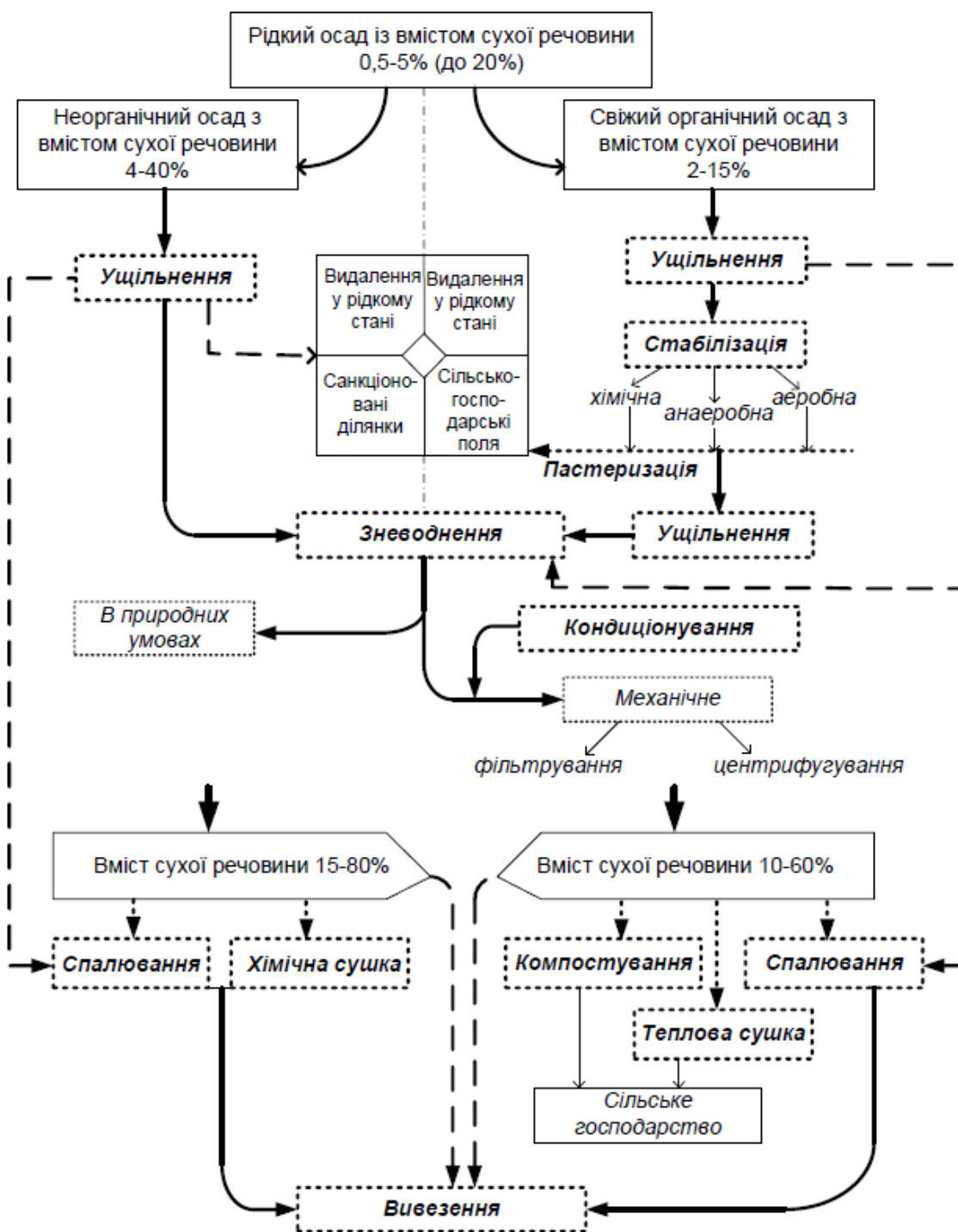


Рисунок 14.1 – Технологічний цикл обробки осадів стічних вод

На рисунку 14.2 приведена принципова технологічна схема утворення та переробки осадів міських стічних вод.

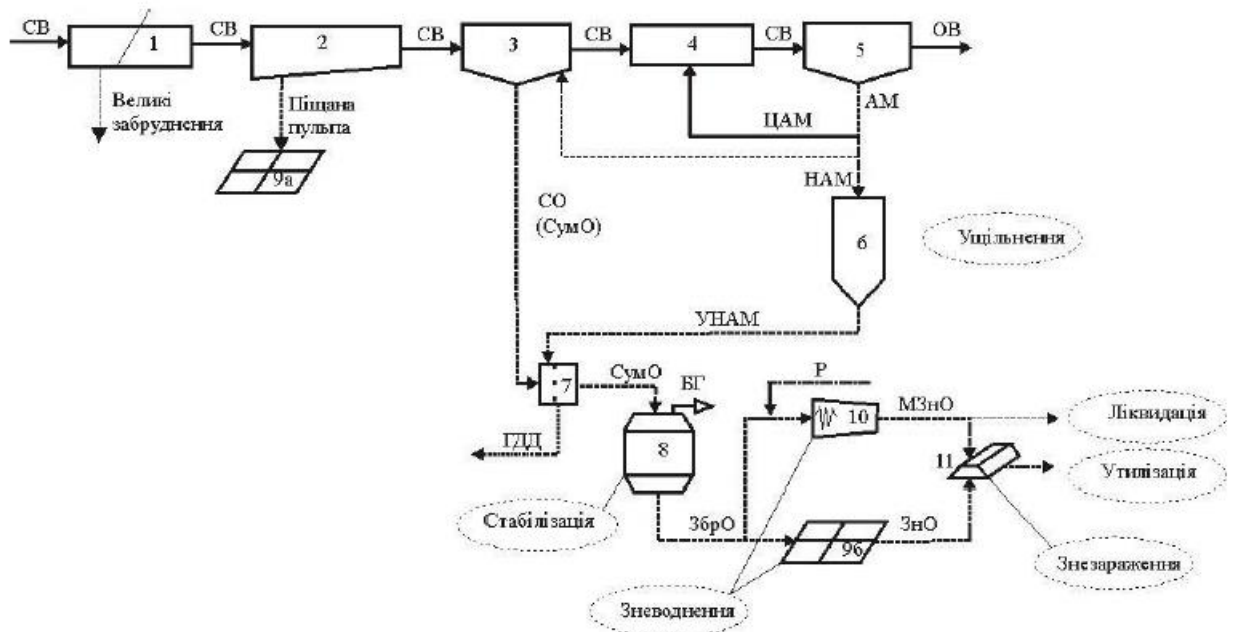


Рисунок 14.2 – Технологічний цикл обробки осадів стічних вод, що включає всі види обробки, ліквідацію та утилізацію:

СВ – стічні води; ОВ – очищена вода; СО – сирий осад; АМ – активний мул; НАМ – надлишковий активний мул; УНАМ – ущільнений надлишковий активний мул; СумО – суміш осадів; БГ – біогаз; ГДД – грубодисперсні домішки; ЗбрО – анаеробний зброжений осад; ЗнО – зневоднений осад; МЗнО – механічно зневоднений осад; Р – подача реагентів; 1 – решітки; 2 – піскоуловлювач; 3 – первинні відстійники; 4 – аеротенки; 5 – вторинні відстійники; 6 – ущільнювач; 7 – проціджувач; 8 – метантенк; 9 а – піскові площадки; 9 б – мулові площадки; 10 – механічне зневоднення (центрифуга); 11 – компостування

3.1 Гравітаційне ущільнення

Зменшення об'єму й вологості осадів гравітаційним методом досягається тривалим їх відстоюванням. Ущільнення надлишкового активного мула здійснюють відповідно до закономірностей обмеженого осадження суспензії; його тривалість складає 9–12 год, вологість ущільненого мула складає 97 %.

В процесі ущільнення активного мула видаляють тільки вільну воду. Ущільнення активного мула приводить до різкого зростання його питомого опору фільтрації і до збільшення кількості зв'язаної води, що не дозволяє значно понизити його вологість.

Суміш мула з аеротенків ущільнюють швидше, ніж активний мул з вторинних відстійників. Активний мул з аеротенків на неповне біологічне очищення ущільнюють швидше і краще, ніж з аеротенків на повне

біологічне очищення.

Встановлено, що ступінь ущільнення мула залежить від тривалості його перебування в зоні ущільнення та величини тиску в ній. Тривалість перебування мула в зоні ущільнення визначають навантаженням за сухою речовиною на одиницю поверхні мулозгущувача – питомим поверхневим навантаженням, вимірюваним в кг сухої речовини на 1 м² поверхні дзеркала води за добу. Питоме поверхнєве навантаження для гравітаційних мулозгущувачів приймають в межах 20–30 кг/м²·добу.

На процес ущільнення надлишкового активного мула негативно впливають ті ж фактори, які приводять до погіршення роботи вторинних відстійників: виділення газів в результаті загнивання мула внаслідок денітрифікування або зміни температури осаду.

Застосовують зазвичай мулозгущувачі радіального типу, тобто звичайні радіальні відстійники. На станціях невеликої продуктивності використовують вертикальні мулозгущувачі, які влаштовують на базі звичайних первинних вертикальних відстійників з центральною трубою.

Для вертикальних мулозгущувачів розрахункова тривалість ущільнення надлишкового активного мула з вторинних відстійників складає 10–12 год, із зони освітлення аеротенків-відстійників – 16 год, з аеротенків на неповне біологічне очищення стічних вод – 3 год. Вологість ущільненого активного мула складає при цьому 98 %.

Радіальні відстійники мають певні переваги перед вертикальними і дозволяють ущільнювати осад до вологості 97,3 %. Розрахункова тривалість ущільнення осаду в радіальних відстійниках складає: 5–8 год – для суміші мула з аеротенків; 9–11 год – для активного мула з вторинних відстійників; 12–15 год – для активного мула із зони освітлення аеротенків-відстійників.

Роботу мулозгущувачів можна інтенсифікувати як шляхом поліпшення властивостей ущільнюваного осаду (хімічною коагуляцією або термічною обробкою), так і обладнанням самих мулозгущувачів стрижньовими мішалками (рис. 14.3).

Попередня термічна обробка приводить до руйнування гідратної оболонки, яка обволікає тверді частинки осаду, внаслідок чого процес його ущільнення значно інтенсифікується. Після витримки мула при температурі 70–90°С впродовж 30 хв. він ущільнюється в термогравітаційному мулозгущувачі до вологості 96,7 % впродовж 30–60 хв. За конструкцією термогравітаційний мулозгущувач подібний до звичайного вертикального

мулозгущувача, в середині якого розміщена камера для підігрівання осаду парою. Для запобігання втратам тепла мулозгущувачі влаштовують закритими та ізольованими.

Серед переваг споруди слід зазначити, що одночасно з ущільненням в ньому відбувається й стерилізація мула. Проте внаслідок великої вартості процесу термогравітаційні ущільнювачі знайшли застосування тільки в технологіях утилізації мула як кормової добавки.

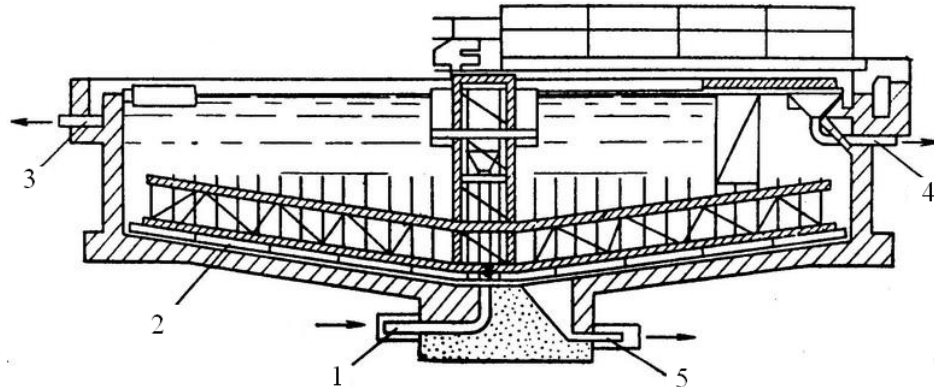


Рисунок 14.3 – Радіальний мулоущільнювач із стрижньовою мішалкою: 1 – підвідний трубопровід; 2 – мулоскреб із стрижньовою мішалкою; 3 – трубопровід відведення мулової води; 4 – трубопровід для видалення плаваючих речовин; 5 – трубопровід ущільненого мула

3.2 Флотаційне ущільнення

При флотаційному ущільненні осадів відбувається інтенсифікація звільнення вологи із структурних порожнеч активного мула на рівні поверхневих явищ. Повітря, що вводять у вигляді дрібних бульбашок, вступає у взаємодію із зв'язаною водою на поверхні частинок мула, витісняючи та переводячи її у вільний стан. Застосування флотації дозволяє за 10–20 хв. досягти такого ж ступеня ущільнення мула, як і після його гравітаційного ущільнення впродовж 2 год.

Надлишковий активний мул подають у верхню частину камери, а робочу рідину, насичену повітрям, – в нижню. Як робочу рідину використовують очищену стічну воду після вторинних відстійників або мулову воду, що виходить з флотаційної камери. Мул і робочу рідину рівномірно розподіляють площею камери за допомогою радіальних розподільних труб з отворами діаметром 5–10 мм, які в мулових трубах влаштовують зверху, а в трубах робочої рідини – збоку (швидкість виходу рідини з отворів повинна складати відповідно 0,7–1,0 і 1,8–2,3 м/с). Мулову воду видаляють з нижньої частини флотаційної камери. Шлам, що

накопичується на поверхні, періодично (через 3–4 год після досягнення вологості 94,5–95 %) скидають до шламовідвідного лотка за допомогою спірального скребка.

Висоту робочої зони флотаційної камери (між розподільними трубами мула й робочої рідини) приймають 2–3 м, а її об'єм визначають за тривалістю перебування в ній суміші мула й робочої рідини (приймають 40–60 хв.). Висоту шару шламу зазвичай приймають 0,3–0,7 м; таку ж висоту повинна мати і захисна зона між шламом і розподільними муловими трубами. Об'єм зони мулової води (між розподільними трубами робочої рідини і отворами для випуску мулової води) повинен складати 20–40 % об'єму робочої зони, але її висота має бути не менше 1 м. Фактична концентрація завислих речовин у муловій воді складає 80–100 мг/дм³.

Окрім надлишкового активного мула флотаційному ущільненню піддають й інші види осадів та їх суміші.

Попередня обробка осадів флокулянтами дозволяє зменшити вологість обробленого мула з 95–96 % до 94–95 % і збільшити ефективність затримання сухої речовини 95–99 %.

Головними перевагами флотаційних мулозгущувачів порівняно з гравітаційними є менша тривалість процесу ущільнення, їх менші розміри, нижча вологість ущільненого мула і значно менший його об'єм, що дозволяє зменшити об'єм споруд для подальшої обробки осадів. Проте флотаційні мулозгущувачі мають також істотні недоліки: велика витрата електроенергії флотаційними насосами, певна складність конструкції та експлуатації, необхідність розміщення флотаційних мулозгущувачів в будівлі для зручної експлуатації в зимовий час.

3.3 Відцентрове ущільнення

Відцентрове ущільнення мулових суспензій здійснюють в компактних високопродуктивних сепараторах або центрифугах. Швидкість розділення суспензій при цьому в 1000 разів більше, ніж при гравітаційному ущільненні.

Застосування знайшли сепаратори з тарілчастими вставками. Після надходження до сепаратора і попадання в простір між тарілками частинки мула виявляються під дією двох складових відцентрової сили: сили, що діє перпендикулярно поверхні тарілки та притискує до неї частинки, і сили, направленої уповдовж тарілки, під дією якої частинка сповзає вниз по тарілці. Освітлений мул (фугат) рухається вгору в просторі між тарілками і видаляється через верхню кільцеву щілину. Ущільнений мул, який зісковзує з тарілок сепаратора, збирається в осадовому просторі та безперервно

вивантажується через сопла невеликого діаметру в стінці корпусу барабана.

Саморозвантажні сепаратори розділяють на дві основні групи: з безперервним і пульсуючим відведенням осаду. У сепараторах з безперервним відведенням осаду останній видаляють разом з частиною рідкої фази через сопла у вигляді концентрованої важкої фракції.

У сепараторах з пульсуючим відведенням осаду останній викидається з барабана при переміщенні рухомого елемента, що відкриває розвантажувальні щілини на периферії барабана.

При повному розвантаженні періодично припиняється подача осаду на сепарацію, розвантажувальні щілини барабана відчиняють, і весь його вміст, тобто виділений осад і рідка фаза, викидають в приймач.

Основні конструктивні фактори, які істотно впливають на ефективність процесу сепарації: частота обертання барабана, розміри барабана і тарілок, відстань між тарілками.

Застосування тарілчастих сепараторів дозволяє ущільнювати мул до концентрації 40–60 г/дм³ при ефективності затримання сухої речовини в середньому 97 %. Проте, навіть за умови попереднього проціджування мула через сита або барабанні сітки, експлуатація сепараторів сильно ускладнюється внаслідок частого забивання сопел сепаратора.

Ущільнення мула на центрифугах не знайшло широкого застосування внаслідок утворення великої кількості погано зневодненого фугата, хоча цей метод дозволяє отримувати ущільнений мул з концентрацією 60–70 г/дм³ при ефективності затримання сухої речовини 85–93 %.

4. Знезараження та утилізація осадів

Осади міських стічних вод містять значну кількість мікроорганізмів (у тому числі і патогенних), вірусів, яєць гельмінтів, сальмонелл, і тому є небезпечними в санітарному та інфекційному відношенні. У зв'язку з цим осади повинні піддаватися *знезараженню*.

4.1 Термічне та біотермічне знезараження

Знезараження рідких осадів нагріванням до температури 100 °С при експозиції в декілька хвилин забезпечує загибель яєць гельмінтів і відмирання патогенних мікроорганізмів. При температурах 52–56 °С впродовж 5 хв. гине

багато патогенних бактерій, при температурі – 62–74 °С і тривалості експозиції близько 30 хв. відмирають віруси. Знезараження й гельмінтизацію сирих, мезофільно зброджених і аеробно стабілізованих

осадів слід здійснювати шляхом їх прогрівання до 60 °С не менше 20 хв. Проте, як показали результати досліджень, для повного знешкодження патогенних бактерій і яєць гельмінтів при температурі 60 °С тривалість експозиції повинна складати не менше 4 годин. Знешкодження осаду при тривалості експозиції 20 хв. забезпечується при температурах більше 75 °С.

Дегельмінтизацію осадів, тобто знищення яєць гельмінтів, здійснюють як в рідких, так і в механічно зневоднених осадах. Найпростіше дегельмінтизують рідкі осади: у них вводять гостру пару і перемішують всю масу осаду для прогрівання до температури 60-65 °С.

Біотермічна обробка (компостування) осадів стічних вод. Ефективність біотермічного процесу залежить від фізико-хімічного складу осадів, умов життєдіяльності мікроорганізмів, типу наповнювачів, умов аерації, гомогенізації та тепломасообміну. Процес компостування складається з двох фаз. Перша фаза продовжується протягом 1–3 тижнів і супроводжується інтенсивним розвитком мікроорганізмів, а температура осаду підвищується до 50–80 °С. При цьому відбувається знезараження осаду і скорочення його маси.

Друга фаза – дозрівання компосту – триваліша. Вона триває від двох тижнів до 3–6 міс. і супроводжується розвитком простих і членистоногих організмів, пониженням температури до 40°С і нижче. Підвищення температури навколишнього повітря інтенсифікує процес розкладання органічних речовин.

4.2 Хімічне знезараження осадів

Хімічне знезараження осадів здійснюють у разі подальшого використання їх в сільському господарстві як органічне добриво. Для хімічного знезараження осадів використовують аміак, тіазон, формальдегід і сечовину. Залишковий вміст в осадах названих речовин запобігає реактивації патогенних мікроорганізмів і підтримує стабільність осадів.

4.3 Ліквідація осадів

Ліквідацію осадів стічних вод застосовують в тих випадках, коли утилізація є неможливою або економічно недоцільною.

Спалювання – один з найбільш поширених методів ліквідації осадів стічних вод, який є найбільш ефективним засобом, що забезпечує максимальне зменшення об'єму осаду і його знезараження. Спалювання осаду стічних вод дозволяє повністю ліквідувати органічну частину осаду; неорганічна частина, що залишилася після спалювання, має мінімальний об'єм, повністю стерилізується.

Контрольні питання

1. Що таке осади стічних вод?
2. Які основні джерела утворення осадів стічних вод?
3. На які види поділяються осади стічних вод залежно від умов формування?
4. Що таке первинний осад?
5. Що таке вторинний осад?
6. Як класифікуються осади стічних вод за токсичністю?
7. Які основні показники характеризують осади стічних вод (щільність, вологість тощо)?
8. Як хімічний склад осадів впливає на їх водовіддачу?
9. У чому полягає основне завдання обробки осадів стічних вод?
10. Які основні стадії обробки осадів?
11. Що включає технологічний цикл обробки осадів стічних вод?
12. Які основні методи ущільнення осадів?
13. У чому полягає сутність гравітаційного ущільнення?
14. Які переваги флотаційного ущільнення осадів у порівнянні з гравітаційним?
15. Як здійснюється ущільнення осадів у центрифугах?
16. Які методи знезараження осадів використовуються в сучасних технологіях?
17. У чому полягає термічне знезараження осадів?
18. Які стадії включає процес біотермічного компостування осадів?
19. Для чого застосовується хімічне знезараження осадів?
20. У чому переваги та недоліки спалювання осадів як методу їх ліквідації?

Лекція №15

«Відбір, консервування і зберігання проб для лабораторно-технологічного аналізу води»

План лекції:

1. Вимоги до відбору проб води
2. Консервування проб води
3. Пристрої для відбору та підготовки проб води

1. Вимоги до відбору проб води

Чинна [Інструкція](#) з відбирання, підготовки проб і ґрунту затверджена Наказом ДСНС України №30 від 19.01.2016 р. Вона встановлює процедуру з відбирання та підготовки проб.

До відбору проб води висувають відповідні вимоги, згідно з якими:

- проба води, взята для аналізу, повинна відображати умови й місце її взяття;

- відбір проби, її зберігання, транспортування та поводження з нею повинні проводитися так, щоб не відбулися зміни у змісті визначених компонентів або у властивостях води;

- об'єм проби має бути достатнім і повинен відповідати методиці аналізу, що була застосована.

Залежно від мети аналізу виділяють різні види відбору проб. Наприклад, застосовуються разовий або серійний відбір проб.

У випадку *разового* відбору пробу беруть один раз у певному місці й розглядають результат одного аналізу. Цей спосіб застосовується в рідкісних випадках, коли результатів одного аналізу достатньо для судження щодо якості досліджуваної води.

Просту пробу отримують шляхом відбору усієї необхідної кількості за один раз.

Змішану пробу отримують, зливаючи однакові за обсягом прості проби, взяті з одного і того ж місця декілька разів поспіль через певні проміжки часу або відібрані одночасно з різних місць обстежуваного об'єкта.

Середню пробу готують звичайно змішуючи рівні частини проб, відібраних через рівні проміжки часу.

У випадку, коли зазначені умови не виконуються, то готують так звану середню пропорційну пробу шляхом змішування різних об'ємів простих проб з урахуванням різних концентрацій компонента, що буде визначатися, у простих пробах, що змішуються. Наприклад, попередніми дослідженнями

встановлено, що концентрація певного компонента у середній частині водосховища удвічі менша, ніж біля правого берега, і утричі менша, ніж поблизу лівого. Тоді середню пропорційну пробу готують змішуванням об'ємів води із середньої частини водосховища (V_1), неподалік правого (V_2) та лівого (V_3) берегів у співвідношенні $V_1 : V_2 : V_3 = 1,00 : 0,50 : 0,33$. Середня пропорційна проба характеризує середній хімічний склад води за певний інтервал часу, її не рекомендується готувати довше однієї доби.

Відбирання проб води з річок і струмків. Проби води відбирають у місцях найшвидшої течії - фарватері, якщо не поставлене якоесь особливе завдання. Не слід відбирати проби зі стоячої води перед греблею або зразу за нею та у глухих рукавах. Під час змішування вод двох річок або річкової води зі стічної проби для аналізу треба відбирати у місцях повного перемішування водних мас, які встановлюють спеціальними гідрологічними дослідженнями. Проби відбирають на глибині 20-30 см від поверхні води. З великих річок проби відбирають на певних розрізах по акваторії і глибинах залежно від цілей аналізу.

Відбирання проб із водосховищ, озер та ставків. Проби води відбирають на стаціонарних точках, розміщених по акваторії, і, як правило, на двох глибинах: біля поверхні (0,2-0,5 м) та біля дна (0,5 м). На проміжних глибинах проби відбирають залежно від термічної стратифікації та у разі проведення спеціальних досліджень.

Періодичність відбору проб залежить від фізико-географічних особливостей водного об'єкта та його антропогенного навантаження. Крім того, вона визначається також важливістю водного об'єкта для господарювання та умовами його експлуатації. Виходячи з комплексу різноманітних чинників, які впливають на формування хімічного складу поверхневих вод України, пункти та частоту гідрохімічних спостережень поділено на чотири категорії (табл. 15.1).

Таблиця 15.1 – Програма гідрохімічних спостережень на водних об'єктах України

Терміни відбирання проб і кількість пунктів спостережень	Категорія пункту			
	перша (ПС-1)	друга (ПС-2)	третя (ПС-3)	четверта (ПС-4)
1	2	3	4	5
Щоденно	Програми А, В, С, D, E, F, Y, S			
Щодекадно		Програми А, С, D, E, F, Y, S		
Щомісячно			Програми А, В, С, D, E, Y	

В основні гідрологічні фази				Програми А, В, С, D, E, Y
-----------------------------	--	--	--	---------------------------

Примітка: А - температура, водневий показник (рН), розчинений кисень (O_2), процент насичення киснем (% O_2), біохімічне споживання кисню (БСК₅), завислі речовини, швидкість потоку, рівень води; В - сірководень (H_2S); С - кольоровість, прозорість, запах, діоксид вуглецю (CO_2), твердість, кальцій (Ca^{2+}), магній (Mg^{2+}), натрій (Na^+), калій (K^+), гідрокарбонати (HCO_3), сульфати (SO_4^{2-}), хлориди (Cl^-), фосфати (PO_4^{3-}), фосфор загальний ($P_{заг}$), кремній (Si), мінералізація; D - азот нітратний (NO_3^-), азот нітритний (NO_2^-), азот амонійний (NH_4^+); E - хімічне споживання кисню (ХСК), феноли, нафтопродукти, аніонсинтетичні поверхнево активні речовини (АСПАР), хром-6 (Cr(VI)); F - хлорорганічні пестициди (ХОП): α -ГХЦГ, γ -ГХЦГ, ДДТ, ДДЕ, ГХБ, трифлуралін; Y - марганець (Mn^{2+}), залізо загальне (Fe), мідь (Cu^{2+}), цинк (Zn^{2+}); S - перманганатна окиснюваність (ПО). Відбирання проб води для хімічного аналізу виконується у певній послідовності. На етикетці кожної проби необхідно обов'язково вказувати: пункт відбору проби згідно з Програмою спостережень; створ, вертикаль, горизонт; виконання операції фільтрування та консервування проби (наприклад, фільтрована, 12 см³ азотної кислоти), до проби прикріплюється використаний фільтр; вид аналізу. Супроводжуючі документи заповнювати розбірливо, у повному обсязі, без помилок та виправлень. Безпосередньо біля водного об'єкту проводяться вимірювання, результати яких заносяться у форму КГ-9.

Порядок перевірки, взяття проб води та проведення їх аналізу затверджено Постановою кабінету Міністрів України №828 від 21.08.2019 р.

2 Консервування проб води

Метою консервування проб води є збереження компонентів, що визначаються у воді, та її властивостей у тому стані, в якому вони перебували в ній у момент взяття проби. При цьому необхідно відповідати умовам, які висуваються щодо їхнього консервування (табл. 15.2).

Таблиця 15.2 – Умови консервування проб води

Компонент	Умови консервування проби
Алюміній	Проби беруть у бутлі промиті кислотою. Визначення проводять за можливістю не пізніше ніж через 2 год після відбору проби; додають 5 мл HCl на 1 л проби (якщо є потреба).
БПК	Не можна консервувати, пробу зберігають при температурі 3-4 °С; обробляють не пізніше ніж через одну добу.
Завислі речовини	Проби не консервують; визначення слід проводити не пізніше ніж через одну добу. Зберігання при температурі 3-4 °С.
Смак та присмак	Зразки проб не можна консервувати; не можна брати проби у поліетиленові пляшки. Визначення треба проводити не пізніше ніж через дві години після взяття проби.

Гумінові речовини	Проби не можна консервувати; їх слід обробляти не пізніше ніж через три доби після взяття проби.
Залізо	Загальний вміст заліза: додають 25 мл розчину HNO_3 на 1 л води.
Запах	Проби не можна консервувати; визначення проводять не пізніше ніж через дві години після взяття проби, але не пізніше кінця дня відбору.
Нітрати	Визначення проводять у день взяття проби або додають 1 мл H_2SO_4 на 1 л проби. Пробу охолоджують до 3-4 °С або додають 2-4 мл CHCl_3 на 1 л проби.
Хлор	Проби не можна консервувати, їх збирають у утлі з темного скла, оберігаючи від дії сонячних променів і від струсів. Визначення треба робити відразу після відбору проби.
Лужність	Проби не можна консервувати. Визначення проводять відразу на місці відбору проб. Бутель заповнюють пробкою доверху й приступають до аналізу не пізніше ніж через 24 год.

Визначення необхідно здійснювати:

- відразу на місці відбору проби або в лабораторії, якщо вона знаходиться поблизу місця відбору проби;
- якомога раніше, не пізніше ніж через 2 год після взяття проби;
- в той же день; приступають до аналізу в день відбору проби, не пізніше за 12 год після її відбору.

3. Пристрої для відбору та підготовки проб води

Важливим етапом аналізу води є відбір проб. Для відбору проб води застосовують пробовідбірні пристрої – різної конструкції батометри і склянки та бутлі із пробками, які закриваються. Можуть застосовуватися насоси з поглинальними патронами.

При стаціонарних спостереженнях проби води на хімічний аналіз потрібно відбирати на стрижні потоку з глибиною 0,2-0,5 м. При глибокому руслі та слабкій течії доцільніше брати проби на різних глибинах. Проби переважно відбирають емальованим відром об'ємом 10 л. З відра водою наповнюють посудини для визначення рН, вмісту у воді кисню, діоксиду карбону, фіксують розчинений у воді кисень, а також наповнюють водою пляшки для наступного аналізу в лабораторії. Проби для визначення концентрацій нафтопродуктів, фенолів, СПАР, важких металів, пестицидів відбирають в окремі пляшки.

Для відбору проб на різній глибині використовують також спеціальні пристрої – батометри різних типів. Батометр повинен відповідати таким

ВИМОГАМ:

- вода, що проходить крізь нього, не повинна в ньому затримуватись;
- він повинен щільно закриватися;
- матеріал пробовідбірника повинен бути хімічно інертним.

На практиці широко використовуються горизонтальні, перекидні та автоматичні батометри. За допомогою батометра Молчанова (рис. 15.1) проводять відбір проб води для визначення вмісту пестицидів:



Рисунок 15.1 – Батометр Молчанова

Відбір проб на значних глибинах (20-30 м) проводиться за допомогою батометра Рутнера (рис.15.2):



Рисунок 15.2 – Батометр Рутера

Для зберігання проб використовують поліетиленовий та скляний посуд. Перед використанням посуд мийть концентрованою кислотою та сполоскують водопровідною водою. Основні вимоги до посуду – це його міцність, стійкість до розчинення і щільність закривання. Консервування проб проводять при відборі проб для визначення нестійких компонентів. Аналіз цих проб проводять не пізніше як через 3 дні після відбору. Проби зберігають при температурі 3–5 °С в холодильнику. Взимку при температурі нижче 0 °С відібрану пробу переносять у тепле приміщення, де проводять

аналіз.

У якості пристроїв, які зазвичай використовуються на **третій** стадії – **підготовки проб** води, як правило, використовується типове загально лабораторне обладнання (центрифуги, екструдери, екстрактори, випарки), за допомогою якого здійснюється поділ і концентрування проб, підвищується чутливість і селективність наступного аналізу. Можливе також застосування в процесі пробопідготовки проточно-інжекційних концентруючих приставок, що працюють в автоматичному режимі – наприклад, типу ППІ-М і ППІ-Н. Для підвищення селективності аналізу та усунення заважаючих впливів застосовуються спеціальні пристрої підготовки проб. Прикладами таких приладів є автоклавні модулі для хімічної пробопідготовки серії МКП-04 і МКП-05, що включають термостат для нагріву 6 або 10 автоклавів, комплект самих автоклавів з фторопластовими реакційними камерами, пристрої для керування температурними режимами нагріву і охолодження.

Аналітичні модулі автоклавної пробопідготовки з резистивним нагрівом МКП-04 і МКП-05 є на сьогодні найбільш технічно допрацьованим і доступним для вітчизняних користувачів устаткуванням хімічної мінералізації проб.

В світовій аналітичній практиці широке розповсюдження знаходять мікрохвильові автоклавні мінералізатори фірм Perkin Elmer (рис. 15.3) і СЕМ (США), Milestone (Італія), Prolabo (Франція). Мікрохвильовий автоклавний мінералізатор фірми Perkin Elmer (США):



Рисунок 15.3 – Мікрохвильовий автоклавний мінералізатор фірми

Іншим прикладом апаратури для пробопідготовки служить ультрафіолетова камера ФК-12М для експрес-підготовки водних проб, дія якої ґрунтується на фотолізному окисненні заважаючих органічних сполук під дією УФ-випромінювання.

Наступна і найважливіша стадія технологічного циклу екоаналітичного контролю вод – кількісний аналіз проводиться в основному на універсальному стаціонарному лабораторному обладнанні – за допомогою різних вимірювальних приладів (хроматографів, спектрофотометрів, спектрометрів, спектрографів і т.д.).

З усього різноманіття технічних засобів контролю вод особливу увагу слід звернути на групу приладів, які набувають у даний час все більшого значення і все ширше застосовуються – засобів, заснованих на електрохімічних методах аналізу. З точки зору практики їх використання в моніторингу води має ряд істотних переваг. В першу чергу – це портативність виконання і відносна простота в обслуговуванні, що дозволяє виконувати аналізи не лише в лабораторних умовах, але часто і безпосередньо на місці відбору проб. Іншою перевагою є їх висока економічність: незначна витрата реагентів (в основному для допоміжних цілей), невелика вартість апаратури (у кілька разів, а іноді й десятків разів дешевше хроматографічних та спектральних приладів). При цьому, як правило, зберігається висока специфічність та чутливість аналізу.

На сучасному ринку вітчизняної екоаналітичної апаратури електрохімічні прилади (ЕХ) представлені в основному рН-метрами, іонометрами в комплексі з іонселективними електродами, кондуктометрами та оксиметрами. Найкращі характеристики мають електрохімічні прилади, засновані на принципах потенціометрії.

Контрольні питання

1. Які вимоги ставляться до відбору проб води, види відбору проб води?
2. Що таке консервування проб води та які існують їх умови консервування?
3. Інструкція з відбирання, підготовки проб води для хімічного та гідробіологічного аналізу.
4. Загальні правила роботи і техніка безпеки для працюючих у хімічній лабораторії. Хімічний посуд.
5. Відбір, зберігання і транспортування проб води.
6. Визначення органолептичних показників якості води (запах, смак, кольоровість, каламутність).
7. Визначення рН води потенціометричним методом.
8. Метод нейтралізації. Приготування і стандартизація робочих розчинів.
9. Визначення кислотності та лужності води.
10. Визначення форм карбонатної кислоти та карбонатної твердості

води.

11. Визначення загальної твердості води, вмісту іонів кальцію і магнію.
12. Визначення вмісту сульфат-іонів у воді.
13. Визначення вмісту хлорид-іонів у воді методом Мора.
14. Кондуктометричний метод визначення солевмісту води.
15. Визначення вмісту загального заліза.
16. Визначення вмісту мінеральних азотовміщуючих речовин у воді.
16. Визначення вмісту іонів натрію потенціометричним методом.
18. Визначення перманганатної окисності води методом Кубеля.
19. Визначення вмісту розчиненого у воді кисню методом Вінклера.

Лекція №16

«Організація контролю якості та властивостей води»

План лекції:

1. Методи та нормативні вимоги з оцінювання якості води
2. Основні елементи лабораторно-виробничого контролю на очисних спорудах
3. Основні точки технологічного ланцюга для відбору проб для аналізів
4. Система лабораторно-виробничого контролю на очисних спорудах
5. Техніка безпеки при виконанні гідрохімічних робіт

1 Методи та нормативні вимоги з оцінювання якості води

Приступаючи до оцінювання якості води за результатами хімічного аналізу проб слід пам'ятати, що розпорядженням Кабінету Міністрів України «Про визнання такими, що втратили чинність, та такими, що не застосовуються на території України, актів санітарного законодавства» від 20.01.2016 р. [№ 94-р](#) визнано такими, що не застосовуються на території України, акти санітарного законодавства, видані центральними органами виконавчої влади Української РСР та СРСР, в тому числі їх посадовими особами, якими затверджено санітарні, санітарно-гігієнічні, санітарно-протиепідемічні, санітарно-епідеміологічні, протиепідемічні, гігієнічні правила і норми, державні санітарно-епідеміологічні нормативи та санітарні регламенти.

Оцінювання якості води за отриманими результатами хімічного аналізу проб вимагає чіткого розуміння для яких цілей воно виконується. Відповідно до цього обираються нормативні документи або методики, які регламентують вміст хімічних компонентів у воді. Наприклад, невірним є порівняння результатів хімічного аналізу проб води, відібраної з річки чи озера з нормативним документом, який стосується питної води. Адже питна вода проходить відповідну технологічну підготовку, так-би мовити стає продуктом, який «готується» на водопровідній станції із води, взятої з природного водного об'єкта. Суть цієї підготовки полягає в очищенні природної води до рівня вимог до питної води. Тому оцінювати дані хімічного аналізу проб води з водного об'єкта доцільно за регламентом, який стосується джерел водопостачання або ж з екологічних чи інших позицій.

Якість води у водних об'єктах, які вже стали або можуть бути джерелами водопостачання, оцінюється за ДСТУ 4808:2007 «Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання». У цьому стандарті діапазон хімічних,

мікробіологічних та гідробіологічних показників якості води джерел централізованого питного водопостачання (окремо поверхневі та підземні води) поділено на чотири класи: 1 клас – відмінна, бажана якість води; 2 клас – добра, прийнятна якість води; 3 клас – задовільна, прийнятна якість води; 4 клас – посередня, обмежено придатна, небажана якість води.

Якість води водопровідної мережі, колодязів та каптажів джерел, води фасованої, з пунктів розливу або з бюветів. Якість питної води в Україні регламентується двома основними документами - Державними санітарними правилами і нормами ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» та ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості».

Якість води водних об'єктів в пунктах господарсько-питного і культурно-побутового водокористування. Якість води водних об'єктів господарсько-питного і культурно-побутового використання оцінюється із застосуванням «Гігієнічних вимог до складу та властивостей води водних об'єктів в пунктах господарсько-питного і культурно-побутового водокористування», які є додатком 11 до «Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів» (ДСП 173-96), затверджених наказом МОЗ України від 19.06.1996 р. №173, зі змінами - наказ МОЗ України від 18.05.2018 р. № 952.

Якість води водних об'єктів, що використовуються для потреб рибного господарства. З метою встановлення якості води водних об'єктів, що використовуються для потреб рибного господарства, застосовуються «Нормативи екологічної безпеки водних об'єктів, що використовуються для потреб рибного господарства щодо гранично допустимих концентрацій органічних та мінеральних речовин у морських та прісних водах (біохімічного споживання кисню – БСК₅, хімічного споживання кисню - ХСК, завислих речовин та амонійного азоту)», затверджені наказом Мінагрополітики України від 30.07.2012 р. № 47. В цьому документі наведено гранично допустимі концентрації органічних та мінеральних речовин (показники БСК₅, ХСК, завислих речовин, NH₄⁺, PO₄³⁻) для: морських вод; природних прісних вод; рибницьких ставів.

Постановою Кабінету Міністрів України від від 19 вересня 2018 р. № 758 затверджено «[Порядок здійснення державного моніторингу вод](#)», в якому імплементуються положення Водної рамкової директиви Європейського Союзу стосовно екологічного моніторингу водних об'єктів за гідроморфометричними, гідробіологічними та гідрохімічними показниками.

«Перелік забруднювальних речовин для визначення хімічного стану масивів поверхневих і підземних вод та екологічного потенціалу штучного

або істотно зміненого масиву поверхневих вод» із 45 показників було затверджено наказом Міністерства екології та природних ресурсів від 06.02.2017 р. № 45.

Державний моніторинг вод здійснюється з метою забезпечення збирання, обробки, збереження, узагальнення та аналізу інформації про стан водних об'єктів, прогнозування його змін та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень у галузі використання, охорони вод та відтворення водних ресурсів. Державний моніторинг вод є складовою частиною державної системи моніторингу довкілля.

2 Основні елементи лабораторно-виробничого контролю на очисних спорудах

Лабораторно-виробничий контроль ділиться на декілька елементів:

- контроль якості води, що знаходиться на очисних спорудах;
- контроль якості води на всіх стадіях її очищення, включаючи воду, що подається споживачам;
- контроль якості реагентів, які надходять на станцію;
- контроль технологічних параметрів завантажувальних матеріалів;
- контроль якості замішування, розчинення й дозування реагентів.

3 Основні точки технологічного ланцюга для відбору проб для аналізів

Відбір проб для аналізів на станціях, що мають повний комплекс водоочисних споруд, обирають в таких точках:

- перед змішувачем або в місцях водозабору (вихідна вода, не оброблена реагентами);
- в кінці змішувача (вода, оброблена хлором, коагулянтами, вапном та іншими реагентами);
- в кінці камер реакції (вода, що містить коагулюванні пластівці суспензії);
- після кожного відстійника або освітлювача (прояснена вода);
- перед фільтрами й контактними освітлювачами;
- після кожного фільтра або контактного освітлювача (профільтрована вода);
- в резервуарах чистої води (очищена вода, що пройшла вторинне хлорування, амонізацію та інші види оброблення);
- у водоводах, за якими очищена вода подається споживачам.

4 Система лабораторно-виробничого контролю на очисних спорудах

Система лабораторно-виробничого контролю на очисних спорудах

складається з груп:

- відбору проб; визначення фізичних показників і фізико-хімічних властивостей рідини; визначення вмісту азоту в різних формах (загальний, нітрити, нітрати і т. д.), фосфатів, сульфідів і хлоридів;

- лабораторії аналізу осадів стічних вод, що складається з груп: відбору проб; кількісного аналізу зважених речовин і активного мулу; аналізу хімічного складу осаду, активного мулу, піску, відходів;

- лабораторії санітарно-гігієнічної оцінки, що складається з груп: бактеріологічної; гельмінтологічної; гідробіологічної;

- групи технологічної оцінки роботи певної споруди очищення.

4.1 Номенклатура аналізів, виконаних в лабораторіях очисних споруд

Номенклатура аналізів, виконаних в лабораторіях очисних споруд, зводиться до наступного:

Перша лабораторія повинна виконувати всі фізико-хімічні аналізи, які дають уявлення про концентрацію й добову кількість забруднень, що надходять на очищення, оцінювати ступінь придатності стічних вод для біологічного очищення. Крім того, перша лабораторія підготовляє дані про ефективність очищення на окремих спорудах та станції в цілому, про характеристику очищеної води.

Друга лабораторія аналізує кількість і якість відходів, піску, сирого осаду з первинних відстійників, осаду, збродженого в метантенках і підсушують на мулових майданчиках, і активного мулу.

Третя лабораторія виконує бактеріологічні, гельмінтологічні й гідробіологічні дослідження проб, які надходять зі стічною водою, з осадом, зброджуваним в метантенках і підсушувальних на мулових майданчиках, з активним мулом (в аеротенках) або плівки (в біофільтрах); очищеної стічної рідини і водойми в місці випуску очищеної води.

Група технологічної оцінки концентрує всі результати аналізів, надані аналітичними лабораторіями, обробляє їх; виміряє або контролює експлуатаційні виміри витрат стічних вод, осаду, активного мулу, пару, стисненого повітря та електроенергії; розраховує питомі характеристики основних параметрів (інтенсивність аерації, питомі витрати електроенергії, повітря, пару і т. д.), робочі навантаження за обсягом, поверхні на мул і т. д.

4.2 Матеріально-технічне забезпечення лабораторно-виробничого контролю

Необхідні такі мінімальні розміри приміщення лабораторії: хімічна кімната 20 м², вагова 6 м², бактеріологічна кімната 20 м² зі средоварної і мийної 10 м², комора 6-10 м², кабінет завідувача 8-10 м², бажано мати

гардеробну.

Лабораторії повинні бути оснащені:

- системами водопостачання і каналізації;
- електроенергією;
- системами опалення та вентиляції;
- лабораторними меблями та обладнанням;
- реагентами (склад);
- аптечкою.

У лабораторії бажано мати підсобний столик з набором слюсарних інструментів: плоскогубцями, кусачками, лещатами, рашпілем, напилками, свердлами, паяльною лампою, ножними хутрами.

Бажано мати великі нагрівальні прилади: термостат, сушильну шафу й автоклав. Ці прилади мають знаходитися біля входу.

5 Техніка безпеки при виконанні гідрохімічних робіт

При виконанні гідрохімічних робіт необхідно ретельно дотримуватися правил техніки безпеки, детальний опис яких наведений у відповідних інструкціях. Навіть при дуже обережній роботі можливі порізи рук склом, опіки гарячими предметами, кислотами, лугами, попадання їдких реактивів до рота. Тому кожний працюючий у лабораторії має знати і дотримуватися правил техніки безпеки, вміло використовувати нагрівальні прилади, скляний посуд, реактиви та розчини, бути уважним і акуратним під час роботи.

Працівник у гідрохімічній лабораторії повинен бути одягнутим у халат і мати два рушники – один для рук, другий для посуду. Одним і тим же рушником не можна витирати руки й посуд, особливо при роботі з шкідливими речовинами. Треба слідкувати за чистотою рук і мити їх кожен раз, коли на них потрапляє певна речовина.

Необхідно слідкувати за вентиляцією в лабораторії і у витяжній шафі, не допускати роботи при поганій вентиляції.

У лабораторії в доступному місці встановлюють аптечку, в якій повинні міститися індивідуальні пакети, вата, борна кислота кристалічна і в розчині (2%-ний), йодна настойка, клей БФ-6, марганцевокислий калій, розчин оцтової кислоти (2%-ний), лейкопластир, мазь від опіків, розчин двовуглекислої соди (5%-ний), нашатирний спирт, пінцет, ножиці, склянка для промивання очей тощо.

Правила роботи на воді (необхідно знати при відборі проб).

Найнебезпечнішими є роботи на водних об'єктах у період льодоходу та нестійкого льодоставу. Особи, які виконують відбір проб на воді, повинні вміти плавати і веслувати. У випадку аварії на воді треба пам'ятати, що необхідно одразу звільнитися від зайвих предметів та одягу; не можна пливти від перекинутого човна до берега, а слід триматись за човен і разом з ним пливти до берега; для запобігання перекидання рятувального човна, який підійшов, не треба забиратися в нього через борт, а слід зробити це через корму.

Робота із склом. Хімічний посуд у більшості випадків тонкостінний, тому вимагає обережного ставлення, оскільки при неакуратному користуванні можливі різні поранення. Хімічний посуд треба тримати в руках обережно, не стискати сильно пальцями. Під час миття посуду йоржками чи скляними паличками треба бути обережним, щоб не пробити дно чи стінки.

При розрізанні скляних трубок, паличок, відкриванні ампул руки треба захищати рушником. У випадку невеликого порізу склом треба вилучити скалки скла, змити кров навколо рани ватним тампоном, змоченим розчином марганцевокислого калію, помазати йодом і зав'язати бинтом чи заклеїти лейкопластиром. При невеликих порізах ранку покривають клеєм БФ (для обробки мікротравм).

При глибоких артеріальних ранах після вилучення скла треба сильно перев'язати руку вище порізу джгутом, витерти кров навколо рани, накласти кілька шарів стерильної марлі, потім товстий шар гігроскопічної вати і викликати лікаря.

Робота з електроприладами. При роботі з електроприладами (електроплитка, освітлювальні прилади, рН-метри) не допускати іскріння контактів, ретельно ізолювати електропроводи, не допускати попадання в них води. Під електроплитку підкладають азбест чи керамічну пластинку. Усі несправності усувають, тільки попередньо виключивши прилади з мережі. У разі припинення надходження електричного струму в лабораторію потрібно виключити всі електроприлади. Залишають включеною одну контрольну лампочку.

Робота з реактивами. Велике значення має знання хімічних сполук, з якими гідрохіміку доводиться мати справу.

При роботі з рідкими кислотами треба пам'ятати, що вони можуть бути причиною важких, погано загоєваних хімічних опіків. Особливо обережним слід бути при переливанні кислот з великих посудин. Бутелі з кислотами та іншими рідинками мають бути в плетених корзинах і зберігатись у спеціальних стійках. При переливанні і розведенні великих кількостей

димлячих кислот (соляна кислота, азотна) потрібно одягти респіратор або ж закрити ніс і рот марпєвою пов'язкою, змоченою розчином соди, при цьому, обов'язково використовувати запобіжні окуляри. Переливати малі кількості кислот можна тільки у витяжній шафі.

При розведенні кислот слід завжди пам'ятати, що кислоту потрібно допивати у воду, а не навпаки.

При попаданні сильних кислот (азотна, соляна, сірчана, хромово суміш) на тіло треба облите місце обмити спочатку великою кількістю води, а потім 5%-ним розчином двовуглекислої соди. При опіках плавиковою кислотою обпечене місце сильно промивають водою протягом 4–6 год, поки побіліла поверхня опіку не почервоніє. Потім на обпечене місце накладають свіжоприготовлену пасту окису магнію в гліцерині.

При опіці лугами також треба обмити вражене місце великою кількістю води, а потім 2%-ним розчином оцтової кислоти.

При розчиненні у воді відбувається сильний розігрів, тому луги треба розчиняти у порцеляновому посуді – спочатку концентровані розчини, а після охолодження розвести до потрібної концентрації.

При попаданні до рота лужного розчину йодистого копію порожнину рота промивають спочатку водою, а потім 2%-ним розчином борної кислоти до усунення мильного присмаку в роті і знову водою. Потім порожнину рота змазують харчовим жиром.

Якщо в порожнину рота потрапив розчин азотнокислого срібла, необхідно промити її великою кількістю розчину хлористого натрію.

Випадки отруєння реактивами в лабораторії, де передбачені всі заходи щодо гарантування техніки безпеки, надзвичайно рідкісні, але вони не виключені, тому необхідно знати прийоми надання першої допомоги до прибуття лікаря.

У разі отруєння потерпілому необхідно ввести в шлунок такі речовини:

- мильну воду, магnezію, соду, вапнякову воду, молоко, рідке мучне тісто, слизисті відвари при отруєнні кислотами (соляна, сірчана, оцтова, щавлева);

- цитринову кислоту, 5%-ну оцтову при отруєнні лугами (їдкі луги, поташ, аміак, сода);

- яєчний білок, велику кількість молока при отруєнні солями (азотнокисле срібло, нітрати, мідна сіль, ртутна, свинцева);

- крохмаль з водою, в'язучі настоянки, міцний чай чи каву при отруєнні йодом.

Під час роботи з реактивами і розчинами треба завжди пам'ятати, що

наповнення піпеток розчинами кислот, лугів та інших речовин виконують тільки за допомогою груші чи використовують піпетки з кулькою. Роботу зі шкідливими та отруйними речовинами необхідно проводити тільки за умов вентиляції, дотримуючись усіх заходів безпеки.

Робота з нагрівальними приладами. Усі нагрівальні прилади встановлюють на теплоізоляційній підставці. При необережній роботі можливі опіки самим приладом, нагрітим скляним посудом, тиглями тощо, тому не можна брати гарячий посуд голими руками. Звичайно нагріті предмети беруть щипцями, колбоутримачами, джгутом з рушника, але зручніше користуватись гумовими напалечниками.

Необхідно уважно слідкувати за роботою нагрівальних приладів, не залишаючи їх без нагляду.

У приміщенні лабораторії завжди мають бути наготові протипожежні засоби: вогнегасники, азбест, кошма, пісок та пожежний водопровідний кран. Гасити водою можна лише такі речовини чи матеріали, які розчиняються у воді чи важчі за неї. Зовсім неприпустимо гасити водою масло, керосин тощо.

У випадку опіків першого ступеня (почервоніння) обпечене місце треба занурити в розчин марганцевокислого калію, концентрація якого тим більша, чим сильніший опік. Можна скористатись мазями від опіків.

При опіках другого ступеня (пухирі) обпечене місце обробляють марганцевокислим калієм чи 5%-ним розчином таніну.

При опіках третього ступеня (руйнування тканин) рану покривають стерильною пов'язкою і викликають лікаря.

Контрольні питання

1. Якими є головні елементи лабораторно-виробничого контролю на очисних спорудах?
2. Які існують основні точки технологічного ланцюга щодо відбору проб аналізів?
3. Якими є види санітарно-екологічного аналізу води?
4. Який графік лабораторно-виробничого контролю застосовується на очисних спорудах?
5. Якою є система лабораторно-виробничого контролю на очисних спорудах?
6. Якою є номенклатура аналізів застосовується в лабораторіях очисних споруд?
7. Яким є матеріально-технічне забезпечення є для лабораторно-виробничого контролю?
8. Які нормативні документи регламентують якість питної води в

Україні?

9. Що контролюється на стадії дозування реагентів у процесі очищення води?

10. Яка мета контролю якості замішування реагентів?

11. В яких точках технологічного ланцюга здійснюється відбір проб води для аналізу?

12. Чому важливо відбирати проби води перед і після кожного фільтра?

13. Які основні аналізи проводяться для оцінки якості води на очисних спорудах?

14. Чому важливо аналізувати склад осаду в очисних спорудах?

15. Чому важливо забезпечити лабораторію системами вентиляції?

16. Які правила слід дотримуватися при роботі з кислотами?