

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

для проведення практичних занять та самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«СПЕЦКУРС З ОЧИСТКИ ПРИРОДНИХ ВОД»

*(для студентів 1–2 курсів денної і заочної форм навчання
другого (магістерського) рівня вищої освіти
спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія
та водні технології)*



Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2019

Методичні рекомендації для проведення практичних занять та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Спецкурс з очистки природних вод» (для студентів 1–2 курсів денної і заочної форм навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. К. Б. Сорокіна. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова , 2019. – 51 с.

Укладач канд. техн. наук, доц. К. Б. Сорокіна

Рецензент

М. В. Дегтяр, кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та очищення вод Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очищення вод, протокол № 1 від 29.08.2019.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ.....	5
ЗМ 1.1 Спеціальні способи підготовки води.....	5
ЗМ 1.2 Опріснення й знесолення води.....	7
ЗМ 1.3 Кондиціювання якості води.....	8
2 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ.....	9
Практичне заняття № 1.....	9
Практичне заняття № 2.....	12
Практичне заняття № 3.....	19
Практичне заняття № 4.....	22
Практичне заняття № 5.....	27
Практичне заняття № 6.....	29
Практичне заняття № 7.....	30
Практичне заняття № 8.....	35
3 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ.....	45
ЗМ 1.1 Спеціальні способи підготовки води.....	45
ЗМ 1.2 Опріснення й знесолення води.....	49
ЗМ 1.3 Кондиціювання якості води.....	50
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	51

ВСТУП

Метою викладання навчальної дисципліни «Спецкурс з очистки природних вод» є формування у майбутніх фахівців знань, пов'язаних з вирішенням питань регулювання вмісту у воді розчинених домішок для доведення якості природної води до показників питної, підготовки глибокоочищеної води, а також обробки стічних вод з метою виділення з них цінних речовин, організації безстічного водопостачання та зменшення шкідливого впливу стічних вод на навколишнє середовище.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

знати:

- основні вимоги до якості води, застосовуваної для споживання різними категоріями споживачів;
- основні процеси та обладнання, використовувані для регулювання вмісту у воді розчинених домішок;
- основні методики розрахунків та принципи конструювання різноманітних комплексів водоочисних споруд залежно від якості води в джерелі водоспоживання;

вміти :

- порівнювати результати аналізів водно-фізичних і гідрохімічних властивостей природних сировинних ресурсів з відповідними нормативами, оцінювати їх придатність і вибирати для використання;
- розраховувати і конструювати різноманітні споруди для очистки і знезараження питної води;
- розраховувати і конструювати різноманітні споруди для обробки стічної води залежно від її забрудненості та вимог до якості очищеної води;
- користуватися науково-технічною літературою і технічною документацією і застосовувати отримані знання на практиці.

мати компетентності:

- здатність на сучасній інженерній основі вибирати схемні технологічні рішення з водопідготовки, використовувати методики розрахунку та проектування окремих технологічних вузлів, конструкцій, споруд, вирішувати типові завдання з використанням новітніх досягнень науки та техніки
- готовність проводити дослідження сучасних технічних рішень, оцінювати техніко-економічну доцільність їх впровадження, порівнювати різні варіанти технологічних схем;
- здатність до набуття нових знань, формування суджень з наукових, соціальних та інших проблем з використанням сучасних освітніх та інформаційних технологій, оцінювання вкладу предметної галузі в рішення проблем виробництва і забезпечення населення водою належної якості;
- володіння науково-технічною інформацією, вітчизняного та зарубіжного досвіду за профілем діяльності;
- здатність складати та доповідати звіти з виконаних робіт, приймати участь у впровадженні результатів досліджень та практичних розробок.

1 ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

ЗМ 1.1 СПЕЦІАЛЬНІ СПОСОБИ ПІДГОТОВКИ ВОДИ

ТЕМА 1 Зм'якшення води

1. Основи процесів і класифікація методів зм'якшення води.

Твердість води; види жорсткості. Теоретичні основи зм'якшення води, класифікація методів.

2. Термічний метод зм'якшення води.

Рівняння карбонатної рівноваги. Підігрівачі змішуючого та каскадного типів: схема, принцип роботи.

3. Реагентні методи зм'якшення води.

Реагентні методи зм'якшення води: вапнування, вапняно-содовий, содово-натрієвий, фосфатний, барієвий, оксалатний. Технологічне оформлення реагентного зм'якшення води: застосування вертикальних відстійників, вихрових реакторів, схема з апаратами гідроциклонного типу.

4. Термохімічний метод зм'якшення води. Регенерація вапна з осаду водозм'якшувальних установок.

Термохімічне зм'якшення води: схеми з реагентами та підігрівачами, установка типа «Струя». Регенерація вапна з осаду відстійників або освітлювачів водозм'якшувальних установок: обґрунтування можливості, принцип реалізації

ТЕМА 2 Застосування іонного обміну для очистки води

1. Суть іонного обміну. Характеристика іонітів. Регенерація іонітів.

Апаратурне оформлення іонообмінного очищення води.

Основи іонного обміну. Характеристика іонітів. Повна, статична та динамічна обмінна ємкість іонітів. Регенерація іонітів: технологічна послідовність операцій, застосовувані регенераційні розчини, протийонний ефект. Технологія іонообмінної підготовки води. Типи іонообмінних фільтрів.

2. Зм'якшення води катіонуванням.

Натрій-катіонітовий метод зм'якшення води. Схеми одно- та двоступінчастого Na-катіонування. Водне-натрій-катіонітовий метод зм'якшення води. Натрій-хлор-іонітний метод зм'якшення води.

3. Знезалізнення води катіонуванням.

Доцільність та методи реалізації знезалізнення води катіонуванням.

4. Опріснення і знесолення води іонним обміном.

Принцип іонообмінного знесолення води. Послідовність технологічних операцій. Регенерація іонітних фільтрів при іонообмінному знесоленні.

ТЕМА 3 Корекція вмісту фтору в питній воді

1. Умови, що визначають необхідність фторування або дефторування води.

Необхідність фторування і дефторування води. Класифікація проф.

Р.Д.Габовича якості питної води за вмістом в ній фторид-іонів.

2. Технологія фторування води. Вживані реагенти.

Реагенти, вживані для фторування води, їхні властивості. Визначення дози фторвміщуючого реагенту. Вибір місця вводу реагента в оброблювану воду при фторуванні води.

3. Фтораторні установки.

Дозування реагентів. Дозуючі пристрої. Фторувальні установки: сатураторного типу, з розчинними баками, із затворно-розчинними баками, із використанням кремнефтористоводневої кислоти, сухого дозування.

4. Класифікація методів дефторування води і їх санітарно-гігієнічна оцінка.

Основи дефторування води. Сутність методів, застосовуваних для видалення з води надлишкового фтору.

5. Сорбційні методи дефторування води.

Технологічна схема з використанням гідроксиду магнію. Технологічна схема з використанням гідроксиду алюмінію. Технологічна схема з використанням фосфату кальцію.

6. Іонообмінні методи дефторування води.

Застосування активованого оксиду алюмінію, іонообмінних матеріалів, різних сорбентів.

ТЕМА 4 Знезалізнення та деманганізація води

1. Основи процесу знезалізнення води.

Форми присутності сполук заліза у природних водах. Діаграми Пурбе. Загальна характеристика методів знезалізнення води поверхневих та підземних джерел.

2. Безреагентні методи знезалізнення води.

Спрощена аерація, глибока аерація, «суха» фільтрація, використання каркасних фільтрів, напірна флоатація, фільтрування в підземних умовах, аерація та двоступеневе фільтрування, електрокоагуляція.

3. Реагентні методи знезалізнення води.

Процеси, які відбуваються при реагентному знезалізненні води. Застосовувані реагенти. Технологічні схеми реагентного знезалізнення води: спрощена аерація, окислювання, фільтрування; напірна флоатація з вапнуванням і фільтруванням; вапнування, відстоювання і фільтрування; фільтрування через модифіковане завантаження; озонування і фільтрування; комбіновані методи.

4. Видалення з води марганцю.

Методи деманганізації води. Застосування перманганату калію; аерація з підлужуванням; коагуляція з підлужуванням; фільтрування аерованої води через контактний фільтр; озонування; використання хлору; іонний обмін; біохімічні методи.

ТЕМА 5 Видалення з води газів, специфічних та токсичних домішок

1. Методи усунення запахів, присмаків і токсичних мікробруднень води.

Джерела виникнення запахів і присмаків природних вод. Суть методів

дезодорації води і сфери їх застосування. Деодорація води аерацією. Аератори барботажного, розбризувального і каскадного типів. Окисні методи дезодорації води. Сорбційні методи дезодорації води. Використання активованого вугілля. Методи регенерації активованого вугілля. Окисно-сорбційний метод дезодорації води. Видалення з води отрутохімікатів.

2. Дегазація води.

Розчинність газів у воді. Коефіцієнт розчинності газів. Суть фізичних й хімічних методів видалення з води розчинених газів. Схема плівкового дегазатору. Апарати барботувального типу. Термічні дегазатори. Вакуумні дегазатори. Реагенти, застосовувані для хімічної дегазації води. Використання модифікованого завантаження. Застосування електролізерів.

3. Очищення води від радіоактивних елементів.

Радіаційне забруднення води. Радіоактивні речовини природного і штучного походження. Застосування відстоювання для видалення радіоактивних речовин. Застосування фізико-хімічних методів (дистиляція, осадження, коагулювання, флотація, фільтрування, сорбція, іонний обмін). Застосування електролітичних методів (електроліз, електродіаліз). Застосування біологічних методів. Комбіновані методи.

4. Видалення з води силіцієвої кислоти.

Способи видалення силіцієвої кислоти. Знесиліціювання води вапном. Знесиліціювання води солями феруму. Знесиліціювання води солями алюмінію. Знесиліціювання води фільтруванням крізь активоване завантаження. Знесиліціювання води аніонами

ЗМ 1.2 ОПРІСНЕННЯ Й ЗНЕСОЛЕННЯ ВОДИ

ТЕМА 6 Опріснення й знесолення води

1. Характеристика методів знесолення і опріснення води.

Методи опріснення і знесолення води: сутність, галузь застосування.

2. Знесолення води із зміною її агрегатного стану: дистиляція, геліоопріснення, виморожування, газгідратний метод.

Опріснення води дистиляцією. Характеристика дистиляційних методів. Принципові схеми одно- та багатокорпусного випарників. Дистиляційна установка з термокомпресором. Установки миттєвого випаровування. Геліоопріснення. Використання гідрофобних теплоносіїв. Опріснення води виморожуванням. Застосування природного холоду та штучно створених умов. Використання холодильних установок, виморожування у вакуумі, холодоагентів. Газгідратний метод опріснення води.

3. Методи запобігання утворенню накипу на поверхні нагрівання теплообмінної апаратури.

Методи запобігання утворення шумовиння на поверхні нагрівання теплообмінної апаратури опріснювальних установок: реагентні та безреагентні методи.

4. Знесолення води без зміни її агрегатного стану: екстракція, електродіаліз, зворотний осмос.

Опріснення води екстракцією. Фізикохімія екстракційних процесів водопідготовки. Методи екстракції. Технологія екстракційних процесів. Застосування електродіалізу для опріснення води. Галузі застосування процесу електродіалізу. Інообмінні мембрани та їх фізико-хімічні властивості. Схема електродіалізного апарату. Схеми електродіалізних установок. Сутність процесу знесолення води зворотним осмосом. Характеристика зворотньоосмотичних мембран. Вплив технологічних параметрів на мембранні процеси. Технологічне оформлення знесолення води зворотним осмосом: схеми апаратів з використанням листових, трубчастих мембран та мембран у вигляді порожнистого волокна. Зворотньоосмотичні установки. Ультрафільтрування. Нанofільтрування.

ЗМ 1.3 КОНДИЦІОНУВАННЯ ЯКОСТІ ВОДИ

ТЕМА 7 Кондиціювання якості води

1. Характеристика якості води, отриманої після очищення різними способами водопідготовки.

Якість господарсько-питної води, отриманої за «традиційною» технологією. Якість води, отриманої дистиляцією. Якість води, отриманої зворотним осмосом. Якість води після опріснення електродіалізом.

2. Вимоги до якості води різних споживачів.

Вимоги до якості води, яку використовують для господарсько-питних потреб. Вимоги до якості води, яку використовують для виробничих потреб.

3. Стабілізаційне оброблення води.

Стабільність води. Стабільність води відносно до бетону і до металів. Вміст у воді розчиненого вуглекислого газу (вугільної кислоти). Зв'язана вугільна кислота. Вільна вугільна кислота. Рівноважна вугільна кислота. Надлишкова вільна вугільна кислота. Показник стабільності. Індекс стабільності. Стабілізаційне оброблення води за від'ємного або додатного індексу.

4. Коригування мінералізації опрісненої води.

Якість опрісненої води. Біологічний ефект дії маломінералізованих вод. Методи мінералізації опрісненої води. Особливості мінералізації питної води розчиненням солей. Особливості мінералізації води шляхом додавання слабомінералізованих підземних вод або попередньо оброблених морських вод. Насичення води іонами кальцію і гідрокарбонат-іонами.

5. Коригування якості води у споживача.

Проблеми питного водопостачання. Наслідки поганої роботи водоочисних станцій. Вторинне забруднення води в трубопроводах розвідної мережі. Ознаки і причини забруднення води, поданої споживачеві. Системи для доочищення водопровідної води. Області застосування побутових фільтрів для доочищення води. Завдання доочищення водопровідної води. Класифікація побутових фільтрів. Вибір пристрою для кондиціювання води у споживача.

2 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Практичне заняття № 1 Реагентне зм'якшення води

1. Визначення доз реагентів та технологічне оформлення реагентного зм'якшення води.

2. Регенерація вапна з осаду водозм'якшувальних установок.

1. Визначення доз реагентів та технологічне оформлення реагентного зм'якшення води.

Кількість води, що підлягає зм'якшуванню, у відсотках загальної кількості води потрібно визначати за формулою

$$Q_{\text{зм}} = \frac{100 \cdot (T_{\text{заг.вих.}} - T_{\text{заг.мер.}})}{(T_{\text{заг.вих.}} - J_{\text{зм}})}, \%, \quad (2.1)$$

де $T_{\text{заг.вих.}}$ – загальна твердість вихідної води, мг-екв/дм³;

$T_{\text{заг.мер.}}$ – загальна твердість води, що подається в мережу, мг-екв/дм³;

$T_{\text{зм}}$ – твердість зм'якшеної води, мг-екв/дм³.

У складі установок для реагентної декарбонізації води і вапняно-содового зм'якшування необхідно передбачати: реагентне господарство, змішувачі, освітлювачі із завислим осадом, фільтри і пристрої для стабілізаційної обробки води

В окремих випадках замість освітлювачів із завислим осадом застосовують вихрові реактори.

При декарбонізації залишкова твердість зм'якшеної води може бути отримана на 0,4–0,8 мг-екв/дм³ більше некарбонатної твердості, а лужність 0,8–1,2 мг-екв/дм³; при вапняно-содовому зм'якшуванні – залишкова твердість 0,5–1,0 мг-екв/дм³ і лужність 0,8–1,2 мг-екв/дм³. Нижні межі можуть бути отримані при підігріві води до 35–40 °С.

При декарбонізації і вапняно-содовому зм'якшуванні води вапно належить застосовувати у вигляді вапняного молока. При добовій витраті вапна менше 0,25 т (з розрахунку на СаО) вапно допускається вводити в зм'якшувану воду у вигляді насиченого вапняного розчину, який отримують в сатураторах.

Дози вапна для декарбонізації води із розрахунку на СаО належить визначати за такими формулами:

а) при співвідношенні між концентрацією у воді кальцію і карбонатною жорсткістю $(\text{Ca}^{2+})/20 > T_{\text{к}}$

$$D_{\text{в}} = 28 \cdot \left[\frac{(\text{CO})_2}{22} + T_{\text{к}} + \frac{D_{\text{к}}}{e_{\text{к}}} + 0,3 \right], \text{ мг/дм}^3; \quad (2.2)$$

б) при співвідношенні між концентрацією у воді кальцію і карбонатною жорсткістю $(\text{Ca}^{2+})/20 < T_{\text{к}}$

$$D_B = 28 \cdot \left[\frac{(CO_2)}{22} + 2 \cdot T_K - \frac{(Ca^{2+})}{20} + \frac{D_K}{e_K} + 0,5 \right], \text{ мг/дм}^3, \quad (2.3)$$

де (CO_2) – концентрація у воді вільного двоокису вуглецю, мг/дм³;

(Ca^{2+}) – вміст у воді кальцію, мг/дм³;

D_K – доза коагулянта $FeCl_3$ або $FeSO_4$ (з розрахунку на безводні продукти), мг/дм³;

e_K – еквівалентна маса активної речовини коагулянту, мг/мг-екв (для $FeCl_3$ – 54, для $FeSO_4$ – 76).

Дози вапна і соди при вапняно-содовому зм'якшуванні води необхідно визначати за такими формулами:

□ доза вапна з розрахунку на CaO

$$D_B = 28 \cdot \left[\frac{(CO_2)}{22} + T_K + \frac{(Mg^{2+})}{12} + \frac{D_K}{e_K} + 0,5 \right], \text{ мг/дм}^3; \quad (2.4)$$

□ доза соди з розрахунку на Na_2CO_3

$$D_C = 53 \cdot \left(T_{HK} + \frac{D_K}{e_K} + 1 \right), \text{ мг/дм}^3, \quad (2.5)$$

де (Mg^{2+}) – вміст у воді магнію, мг/дм³;

T_{HK} – некарбонатна твердість води, мг-екв/дм³.

Як коагулянти при зм'якшуванні води вапном або вапном і содою необхідно застосовувати хлорне залізо або залізний купорос.

Дози коагулянту з розрахунку на безводні продукти $FeCl_3$ або $FeSO_4$ належить приймати 25–35 мг/л з подальшим уточненням в процесі експлуатації водозм'якшувальної установки.

При обґрунтуванні допускається проводити декарбонізацію або вапняно-содове зм'якшування води у вихрових реакторах з отриманням крупки карбонату кальцію і її випаленням з метою утилізації як вапно-реагент.

Зм'якшування води у вихрових реакторах необхідно приймати при співвідношенні $(Ca^{2+}) / 20 \text{ мг/дм}^3 > T_K$ та вмісті магнію у вихідній воді не більше 15 мг/дм³ і перманганатній окислюваності не більше 10 мгО₂/дм³.

Остаточне освітлення води після вихрових реакторів необхідно проводити на фільтрах.

Для розрахунку вихрових реакторів необхідно приймати: швидкість входу в реактор 0,8–1 м/с; кут конусності 15–20°; швидкість висхідного руху води на рівні водовідвідних пристроїв 4–6 мм/с. Як контактну масу для завантаження вихрових реакторів необхідно застосовувати мелений вапняк, розмолоту крупку карбонату кальцію, що утворилася у вихрових реакторах, або мармурову крихту.

Крупність зерен контактної маси має бути 0,2–0,3 мм, кількість її – 10 кг на 1 м³ об'єму вихрового реактора. Контактну масу належить довантажувати при кожному випуску крупни з вихрового реактора.

Вапно необхідно вводити в нижню частину реактора у вигляді вапняного розчину або молока. При обробці води у вихрових реакторах коагулянт додавати не потрібно.

При $(Ca^{2+}) / 20 < Ж_K$ декарбонізацію води необхідно проводити в освітлювачах з доосвітленням води на фільтрах.

Для виділення суспензії, що утворюється при зм'якшенні води вапном, а також вапном і содою, необхідно застосовувати освітлювачі із завислим осадом (спеціальної конструкції).

Швидкість руху води в шарі завислого осаду необхідно приймати 1,3–1,6 мм/с, вода після освітлювача повинна містити завислих речовин не більше 15 мг/дм³.

Фільтри для освітлення води, що пройшла через вихрові реактори або освітлювачі, необхідно завантажувати піском або роздробленим антрацитом з крупністю зерен 0,5–1,25 мм і коефіцієнтом неоднорідності 2–2,2. Висота шаруючи завантаження 0,8–1,0 м, швидкість фільтрування – до 6 м/год.

Допускається застосування двошарових фільтрів.

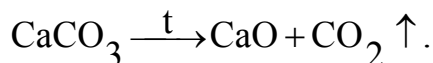
Фільтри належить обладнати пристроями для верхньої промивки.

2. Регенерація вапна з осаду водозм'якшувальних установок.

Осад водозм'якшувальних установок при вапняному і вапняно-содовому методі зм'якшення складається в основному з CaCO₃ і Mg(OH)₂. Кількість перехідного в осад CaCO₃ за еквівалентними співвідношеннями приблизно в 3,5 рази більше вживаного для обробки води CaO. Фактично у зв'язку з винесенням частини осаду з водою і втратами при транспортуванні можна розраховувати на отримання в осаді CaO приблизно в 1,5 рази більше кількості, витраченого для обробки води. За наявності кальцієвої некарбонатної твердості ця кількість збільшується за рахунок CaCO₃, що осаджується содою.

Таким чином, при **регенерації CaO з осаду водозм'якшувальних установок** одержувана кількість не тільки могла б забезпечити власні потреби установок, але і використання частини продукту в інших цілях.

Найдоцільніше одержувати CaO із зернистого осаду вихрових реакторів. Цей осад є майже чистим CaO. При випуску з вихрових реакторів він має вологість близько 50 % і легко віддає частину вологи при підсушуванні на повітрі, після чого його можна піддавати випаленню при 1100 °С для отримання CaO



Mg(OH)₂, що міститься в осаді, при випаленні переходить в MgO. При великій кількості магнею з часом регенований осад все більше буде їм забруднюватися з одночасним зниженням вмісту кальцію. У цьому випадку до регенованого осаду необхідне додавання свіжого вапна для підтримки необхідної активності реагенту.

Процес регенерації може протікати за наступною схемою (рис. 2.1). Вологість осаду знижується до 35 %, після чого відбувається його випалення в роторній печі, що обертається із швидкістю 1 об./хв і має нахил $i = 0,04$ для полегшення переміщення підсушеного осаду у напрямі входу в піч гріючої пари. Осад, що виходить, охолоджується в повітряній сорочці і прямує в бункер. В установці передбачені пристрої для знепилювання газів, що відходять.

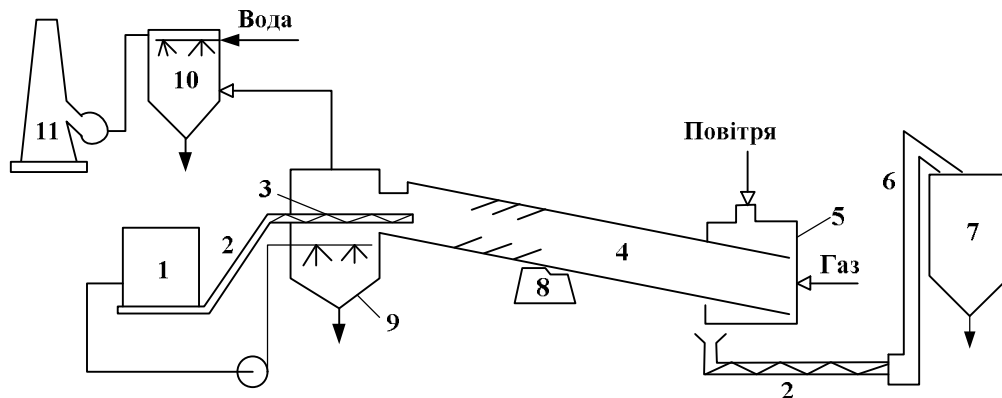


Рисунок 2.1 – Схема установки для регенерації осаду з відстійників або освітлювачів водозм'якшувальних установок:

- 1 – центрифуга; 2 – транспортер; 3 – шнековий живильник; 4 – роторна піч;
 5 – охолоджувальна сорочка; 6 – елеватор; 7 – бункер для регенованого продукту;
 8 – привід печі; 9 – скруббер 1 ступеня для знепилювання газів, що відходять;
 10 – скруббер 2 ступеня; 11 – димар

Практичне заняття № 2

Зм'якшення води катіонуванням.

Розрахунок установки іонного обміну

Натрій-катіонітний метод зм'якшення води варто застосовувати для зм'якшення підземних вод і вод поверхневих джерел з каламутністю не більше 8 мг/л і забарвленістю не більш 30°. При натрій-катіонуванні лужність води не змінюється.

При одноступінчатому натрій-катіонуванні загальна твердість води може бути знижена до 0,05–0,1 г-екв/м³, при двоступінчатому – до 0,01 г-екв/м³.

Об'єм катіоніту у фільтрах першого ступеня потрібно визначати за формулою

$$W_k = \frac{24 \cdot q_y \cdot T_{\text{заг.вих.}}}{n_p \cdot E_{\text{роб}}^{\text{Na}}}, \text{ м}^3, \quad (2.6)$$

де q_y – витрата зм'якшеної води, м³/год;

$T_{\text{заг.вих.}}$ – загальна твердість вихідної води, г-екв/м³;

$E_{\text{роб}}^{\text{Na}}$ – робоча обмінна ємкість катіоніту при натрій-катіонуванні, г-екв/м³;

n_p – кількість регенерацій кожного фільтра за добу, що приймається в межах від однієї до трьох.

Робочу обмінну ємкість катіоніту при натрій-катіонуванні потрібно визначати за формулою

$$E_{\text{роб}}^{\text{Na}} = \alpha_{\text{Na}} \cdot \beta_{\text{Na}} \cdot E_{\text{повн}} - 0,5 \cdot q_{\text{пит}} \cdot T_{\text{заг.вих.}}, \text{ г-екв/дм}^3, \quad (2.7)$$

де α_{Na} – коефіцієнт ефективності регенерації натрій-катіоніту, що враховує неповноту регенерації катіоніту, приймається за таблицею 2.1;

β_{Na} – коефіцієнт, що враховує зниження обмінної ємкості катіоніту по Ca^{2+} і Mg^{2+} унаслідок часткового затримання катіонів Na^+ , що приймається за таблицею 2.2, у якій C_{Na} – концентрація натрію у вихідній воді, г-екв/м³ ($C_{\text{Na}} = (\text{Na}^+)/23$);

$E_{\text{повн}}$ – повна обмінна ємкість катіоніту, г-екв/м³, визначується за заводськими паспортними даними. За відсутності таких даних при розрахунках допускається приймати: для сульфовугля крупністю 0,5–1,1 мм – 500 г-екв/м³; для катіоніту КУ-2 крупністю 0,8–1,2 мм – 1500–1700 г-екв/м³;

$q_{\text{пит}}$ – питома витрата води на відмивання катіоніту, м³ на 1 м³ катіоніту, що приймається для сульфовугля – 4 і для КУ-2 – 6.

Таблиця 2.1 – Коефіцієнт ефективності регенерації катіоніту

Питома витрата куховарської солі на регенерацію катіоніту, г на г-екв робочої обмінної ємкості	100	150	200	250	300
Коефіцієнт ефективності регенерації катіоніту α_{Na}	0,62	0,74	0,81	0,86	0,9

Таблиця 2.2 – Коефіцієнт, що враховує зниження обмінної ємкості катіоніту

$C_{\text{Na}} / \text{Ж}_{\text{заг.вих.}}$	0,01	0,05	0,1	0,5	1,0	5,0	10,0
β_{Na}	0,93	0,88	0,83	0,7	0,65	0,54	0,5

Площу катіонітних фільтрів першого ступеня потрібно визначати за формулою

$$F_{\text{к}} = \frac{W_{\text{к}}}{H_{\text{к}}}, \text{ м}^2, \quad (2.8)$$

де $H_{\text{к}}$ – висота шару катіоніту у фільтрі, що приймається від 2 до 2,5 м (більшу висоту завантаження необхідно приймати при твердості води більше 10 г-екв/м³).

Швидкість фільтрування води через катіоніт для напірних фільтрів першого ступеня при нормальному режимі не повинна перевищувати при загальній твердості води до 5 г-екв/м³ – 25 м/год.; 5–10 г-екв/м³ – 15 м/год.; 10–15 г-екв/м³ – 10 м/год.

Допускається короткочасне збільшення швидкості фільтрування на 10 м/год порівняно з вказаними вище при виключенні фільтрів на регенерацію або ремонт.

Втрату напору в напірних катіонітних фільтрах при фільтруванні необхідно визначати як суму втрат напору в комунікаціях фільтру, в дренажі та катіоніті. Втрату напору у фільтрі потрібно приймати за таблицею 2.3.

Таблиця 2.3 – Втрати напору в напірному катіонітному фільтрі

Висота шару, м, катіоніту крупністю 0,5-1,1 мм або 0,8-1,2 мм	Втрати напору, м, в напірному катіонітному фільтрі при швидкості фільтрування, м/год				
	5	10	15	20	25
2	4	5	5,5	6	7
2,5	4,5	5,5	6	6,5	7,5

У відкритих катіонітних фільтрах шар води над катіонітом необхідно приймати 2,5–3,0 м і швидкість фільтрування не більше 15 м/год.

Інтенсивність подачі води для розпушування катіоніту необхідно приймати 4 л/(с·м²) при крупності зерен катіоніту 0,5–1,1 мм і 5 л/(с·м²) при крупності 0,8–1,2 мм. Тривалість розпушування належить приймати 20–30 хв.

Регенерацію завантаження катіонітних фільтрів необхідно передбачати технічною куховарською сіллю. Витрата куховарської солі на одну регенерацію натрій-катіонітного фільтру першого ступеня потрібно визначати за формулою

$$P_c = \frac{f_k \cdot H_k \cdot E_{\text{роб}}^{\text{Na}} \cdot a_c}{1000}, \text{ кг}, \quad (2.9)$$

де f_k – площа одного фільтру, м²;

a_c – питома витрата солі на 1 г-екв робочої обмінної ємкості катіоніту, що приймається 120–150 г/г-екв для фільтрів першого ступеня при двоступінчатій схемі і 150–200 г/г-екв при одноступінчатій схемі. Твердість зм'якшеної води при різних питомих витратах солі приведена на рисунку 2.2.

Концентрацію регенераційного розчину для фільтрів першого ступеня потрібно приймати 5-8 %.

Швидкість фільтрування регенераційного розчину через катіоніт фільтрів першого ступеня необхідно приймати 3–4 м/год.; швидкість фільтрування вихідної води для відмивання катіоніту – 6–8 м/год., питома витрата води для відмивання – 5–6 м³ на 1 м³ катіоніту.

Для натрій-катіонітних фільтрів другого ступеня необхідно приймати: висоту шару катіоніту - 1,5 м; швидкість фільтрування - не більше 40 м/год.; питома витрата солі для регенерації катіоніту у фільтрах другого ступеня 300–400 г на 1 г-екв затриманих катіонів твердості; концентрацію регенераційного розчину – 8–12 %.

Втрату напору у фільтрі другого ступеня необхідно приймати 13–15 м.

Відмивання катіоніту у фільтрах другого ступеня належить передбачати фільтратом першого ступеня.

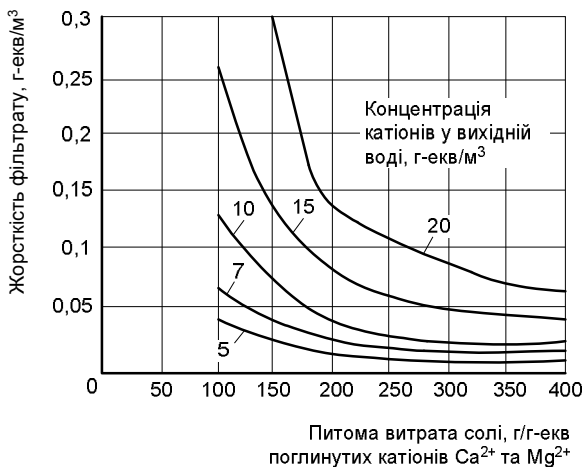


Рисунок 2.2 – Графік для визначення залишкової твердості води, зм'якшеної одноступінчатим натрій-катіонуванням

При розрахунку фільтрів другого ступеня загальну твердість води, що поступає на них, необхідно приймати $0,1 \text{ г-екв/м}^3$, робочу ємкість поглинання катіоніту – $250\text{--}300 \text{ г-екв/м}^3$.

При обґрунтуванні для зм'якшення води підвищеної мінералізації допускається застосування схем протиточного або ступенево-протиточного натрій-катіонування.

Водород-натрій-катіонітний метод необхідно застосовувати для видалення з води катіонів твердості (кальцію і магнію) і одночасного зниження лужності води.

Цей метод необхідно застосовувати для обробки підземних вод і вод поверхневих джерел з каламутністю не більше $5\text{--}8 \text{ мг/л}$ і забарвленістю не більше 30° .

Зм'якшення води належить приймати за схемами:

- паралельного водород-натрій-катіонування, що дозволяє отримати фільтрат загальною жорсткістю $0,1 \text{ г-екв/м}^3$ із залишковою лужністю $0,4 \text{ г-екв/м}^3$; при цьому сумарний вміст хлоридів і сульфатів у вихідній воді має бути не більше 4 г-екв/м^3 і натрію не більше 2 г-екв/м^3 ;

- послідовного водород-натрій-катіонування з «голодною» регенерацією водород-катіонітних фільтрів; при цьому загальна твердість фільтрату складе $0,01 \text{ г-екв/м}^3$, лужність - $0,7 \text{ г-екв/м}^3$;

- водород-катіонування з «голодною» регенерацією і подальшим фільтруванням через буферні катіонітні фільтри із саморегенерацією; при цьому загальна твердість фільтрату буде на $0,7\text{--}1,5 \text{ г-екв/м}^3$ вище за некарбонатну твердість вихідної води, лужність фільтрату – $0,7\text{--}1,5 \text{ г-екв/м}^3$. Катіонітні буферні фільтри допускається не передбачати, якщо не вимагається підтримки залишкової твердості, лужності і рН у строго певних межах. Потрібно передбачати можливість регенерації буферних фільтрів розчином технічної куховарської солі.

Співвідношення витрат води, що подається на водород-катіонітні та натрій-катіонітні фільтри при зм'якшенні води паралельним водород-натрій-катіонуванням, потрібно визначати за такими формулами:

- витрата води, що подається на водород-катіонітні фільтри

$$q_{\text{кор}}^{\text{H}} = \frac{q_{\text{кор}} \cdot (L_0 - L_{\text{зм}})}{(A + L_0)}, \text{ м}^3/\text{год.}; \quad (2.10)$$

– витрата води, що подається на натрій-катіонітні фільтри

$$q_{\text{кор}}^{\text{Na}} = q_{\text{кор}}^{\text{H}} - q_{\text{повн}}^{\text{H}}, \text{ м}^3/\text{год.}, \quad (2.11)$$

де $q_{\text{кор}}^{\text{H}}$ – корисна продуктивність водород-натрій-катіонітної установки, $\text{м}^3/\text{год.}$;

$q_{\text{кор}}^{\text{H}}$ і $q_{\text{кор}}^{\text{Na}}$ – корисна продуктивність відповідно водород-катіонітних і натрій-катіонітних фільтрів, $\text{м}^3/\text{год.}$;

L_0 – лужність вихідної води, $\text{г-екв}/\text{м}^3$;

$L_{\text{зм}}$ – необхідна лужність зм'якшеної води, $\text{г-екв}/\text{м}^3$;

A – сумарний вміст у зм'якшеній воді аніонів сильних кислот (сульфатів, хлоридів, нітратів та ін.), $\text{г-екв}/\text{м}^3$.

Водород-катіонітні фільтри можуть бути використані і як натрій-катіонітні, тому має бути передбачена можливість регенерації двох-трьох водород-катіонітних фільтрів розчином технічної куховарської солі.

Розрахунок трубопроводів і фільтрів необхідно проводити на режимі при найбільшому навантаженні на водород-катіонітні фільтри, найбільшій лужності (L) води і найменшому вмісті в ній аніонів сильних кислот (A); при найбільшому навантаженні на натрій-катіонітні фільтри, найменшій лужності води і найбільшому вмісті в ній аніонів сильних кислот.

Об'єм катіоніту у водород-катіонітних фільтрах необхідно визначати за формулою

$$W_{\text{H}} = \frac{24 \cdot q_{\text{кор}}^{\text{H}} \cdot (L_0 + C_{\text{Na}})}{n_{\text{р}} \cdot E_{\text{роб}}^{\text{H}}}, \text{ м}^3. \quad (2.12)$$

Об'єм катіоніту в натрій-катіонітних фільтрах необхідно визначати за формулою

$$W_{\text{Na}} = \frac{24 \cdot q_{\text{кор}}^{\text{Na}} \cdot T_0}{n_{\text{р}} \cdot E_{\text{роб}}^{\text{Na}}}, \text{ м}^3, \quad (2.13)$$

де T_0 – загальна твердість зм'якшуваної води, $\text{г-екв}/\text{м}^3$;

$n_{\text{р}}$ – кількість регенерацій кожного фільтру в добу;

$E_{\text{роб}}^{\text{H}}$ – робоча обмінна ємкість водород-катіоніта, $\text{г-екв}/\text{м}^3$;

$E_{\text{роб}}^{\text{Na}}$ – робоча обмінна ємкість натрій-катионіта, $\text{г-екв}/\text{м}^3$;

C_{Na} – концентрація у воді натрію, $\text{г-екв}/\text{м}^3$.

Робочу обмінну ємкість водород-катіоніту необхідно визначати за формулою

$$E_{\text{роб}}^{\text{H}} = \alpha_{\text{H}} \cdot E_{\text{повн}} - 0,5 \cdot q_{\text{пит}} \cdot C_{\text{к}}, \text{ г-екв/м}^3, \quad (2.14)$$

де α_{H} – коефіцієнт ефективності регенерації водород-катионіту, що приймається за таблицею 2.4;

$C_{\text{к}}$ – загальний вміст у воді катіонів кальцію, магнію, натрію і калію, г-екв/м³;

$q_{\text{пит}}$ – питома витрата води на відмивання катионіту після регенерації, що приймається рівним 4–5 м³ води на 1 м³ катионіту;

$E_{\text{повн}}$ – паспортна повна обмінна ємкість катионіту в нейтральному середовищі, г-екв/м³.

Таблиця 2.4 – Коефіцієнт ефективності регенерації водород-катионіту

Питома витрата сірчаної кислоти на регенерацію катионіту, г/г-екв, робочої обмінної ємкості	50	100	150	200
Коефіцієнт ефективності регенерації водород-катионіта α_{H}	0,68	0,85	0,91	0,92

Площу водород-катионітних і натрій-катионітних фільтрів потрібно визначати за формулою

$$F_{\text{H}} = \frac{W_{\text{H}}}{H_{\text{к}}}, \text{ м}^2. \quad (2.15)$$

Кількість робочих водород-катионітних і натрій-катионітних фільтрів при цілодобовій роботі має бути не менше двох.

Кількість резервних водород-катионітних фільтрів належить приймати: один – при кількості робочих фільтрів до шести і два – при більшій кількості, Резервні натрій-катионітні фільтри встановлювати не необхідно, але має бути передбачена можливість використання резервних водород-катионітних фільтрів як натрій-катионітних.

Регенерацію водород-катионітних фільтрів належить приймати 1–1,5 %-ним розчином сірчаної кислоти. Допускається розбавлення сірчаної кислоти до вказаної концентрації водою безпосередньо перед фільтрами в ежекторі.

Швидкість пропуску регенераційного розчину сірчаної кислоти через шар катионіту має бути не менше 10 м/год. з подальшим відмиванням катионіту незм'якшеною водою, що пропускається через шар катионіту зверху із швидкістю 10 м/год.

Відмивання повинне закінчуватися при кислотності фільтру, яка дорівнює сумі концентрацій сульфатів і хлоридів у воді, що поступає на відмивання.

Першу половину об'єму відмивної води необхідно направляти на нейтралізацію, в накопичувачі і тому подібне, другу половину – в баки для розпушування катионіту.

Для регенерації водород-катіонітних фільтрів при обґрунтуванні допускається застосування кислот соляною і азотною (для КУ-2).

Витрата 100 %-ної кислоти на одну регенерацію водород-катіонітного фільтру належить визначати за формулою

$$P_H = \frac{f_k \cdot N_k \cdot E_{роб}^H \cdot \alpha_H}{1000}, \text{ кг}, \quad (2.16)$$

де α_H – питома витрата кислоти для регенерації катіоніту, г/г-екв, визначується за рисунком 2.3 залежно від необхідної твердості фільтрату.

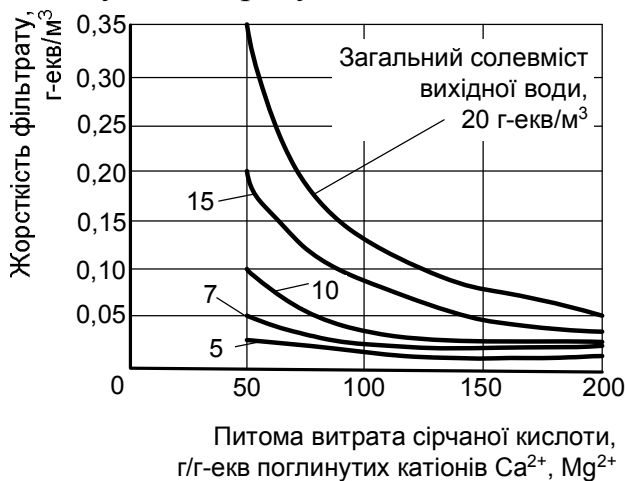


Рисунок 2.3 - Графік для визначення загальної твердості води, зм'якшеної водород-катіонуванням

Об'єми мірника міцної кислоти і бака для розбавленого розчину кислоти (якщо розбавлення її проводиться не перед фільтрами) належить визначати за умови регенерації одного фільтру при кількості робочих водород-катіонітних фільтрів до чотирьох і для регенерації двох фільтрів при більшій кількості.

Апарати і трубопроводи для дозування і транспортування кислот необхідно проектувати з дотриманням правил техніки безпеки при роботі з кислотами.

Видалення двоокису вуглецю з водород-катіонованої води або з суміші водород- і натрій-катіонованої води належить передбачати в дегазаторах з насадками кислототривкими керамічними розміром 25^x25^x4 мм або з дерев'яною хордовою насадкою з брусків.

Площу поперечного перетину дегазатора необхідно визначати виходячи з щільності зрошування при керамічній насадці 60 м³/год на 1 м² площі дегазатора, при дерев'яній хордовій насадці – 40 м³/год.

Вентилятор дегазатора повинен забезпечувати подачу 15 м³ повітря на 1 м³ води. Визначення натиску, що розвивається вентилятором, необхідно проводити з урахуванням опору керамічної насадки, що приймається рівним 30 мм вод. ст. на 1 м висоти шару насадки, опори дерев'яної хордової насадки – 10 мм вод. ст. Інші опори необхідно приймати рівними 30–40 мм вод. ст.

При проектуванні установок для зм'якшення води послідовним водород-натрій-катіонуванням з «голодною» регенерацією водород-катіонітних фільтрів потрібно приймати:

- а) твердість фільтрату водород-катіонітних фільтрів за формулою

$$Ж_{\text{ф}}^{\text{Н}} = (\text{Cl}^-) + \left(\text{SO}_4^{2-}\right) + L_{\text{зал}} - (\text{Na}^+), \text{ г-екв/м}^3, \quad (2.17)$$

де (Cl^-) і (SO_4^{2-}) – вміст хлоридів і сульфатів в зм'якшеній воді, г-екв/м³;

$L_{\text{зал}}$ – залишкова лужність фільтрату водород-катіонітних фільтрів, дорівнює 0,7–1,5 г-екв/м³;

(Na^+) – вміст натрію в зм'якшеній воді, г-екв/м³;

б) витрата кислоти на «голодну» регенерацію водород-катіонітних фільтрів – 50 г на 1 г-екв видаленої з води карбонатної твердості;

в) при «голодній» регенерації «умовну» обмінну ємкість катіонітів за іоном HCO_3^- (до моменту підвищення лужності фільтрату) для сульфовугля СК-1 – 250–300 г-екв/м³, для катіоніту КБ-4 – 500–600 г-екв/м³.

Для попередження попадання кислої води на натрій-катіонітні фільтри установок послідовного водород-натрій-катіонування, на випадок регенерації водород-катіонітних фільтрів надлишковою дозою кислоти, необхідно передбачати подачу освітленої незм'якшеної води в потік фільтрату водород-катіонітних фільтрів перед дегазатором.

Апарати, трубопроводи і арматура, дотичні з кислою водою або фільтратом, мають бути захищені від корозії або виготовлені з антикорозійних матеріалів.

При паралельному водород-натрій-катіонуванні іонітні фільтри допускається при обґрунтуванні передбачати з протиточною регенерацією або за схемою ступенево-протиточного іонування.

Відпрацьовані регенераційні розчини іонітних зм'якшувальних установок залежно від місцевих умов необхідно направляти в накопичувачі, побутову або виробничу каналізацію; належить також розглядати можливість обробки концентрованої частини цих вод для їх повторного використання.

Відпрацьовані розчини перед скиданням в каналізацію після усереднювання належить при необхідності нейтралізувати. При цьому осадки карбонату кальцію і двоокису магнію, що виходять, необхідно виділяти відстоюванням і направляти в накопичувач.

Освітлені розчини хлориду натрію (із стічних вод від регенерації натрій-катіонітних фільтрів) належить повторно використовувати для регенерації натрій-катіонітних фільтрів (при необхідності після нейтралізації).

Практичне заняття № 3

Розрахунок установки знезалізнення води

Схема установки для знезалізнення води аерацією наведена на рисунку 3.1.

Вода направляється на вентиляторну градирню, завантажену насадкою з кілець Рашига. Вентилятор подає повітря в зустрічному напрямку по відношенню до потоку води. При цьому відбувається виділення вільної вуглекислоти, і вода насичується киснем. Після пропуску через градирню вода стікає в контактний резервуар. Звідси насосом вода подається в напірний (або

відкритий) фільтр, де закінчується утворення пластівців гідроксиду та їх затримання в шарі кварцовою завантаження.

Цей метод знезалізнення води може бути застосований у таких випадках:

- а) при лужності води більше 2 мг-екв/дм³;
- б) при рН води після аерації вище 7;
- в) при окислюваності води (перманганатній) менше 0,15[Fe²⁺]+3 мгО₂/дм³;
- г) при вмісті амонійних солей менше 1 мг/дм³;
- д) при вмісті сірководню менше 0,2 мг/дм³.

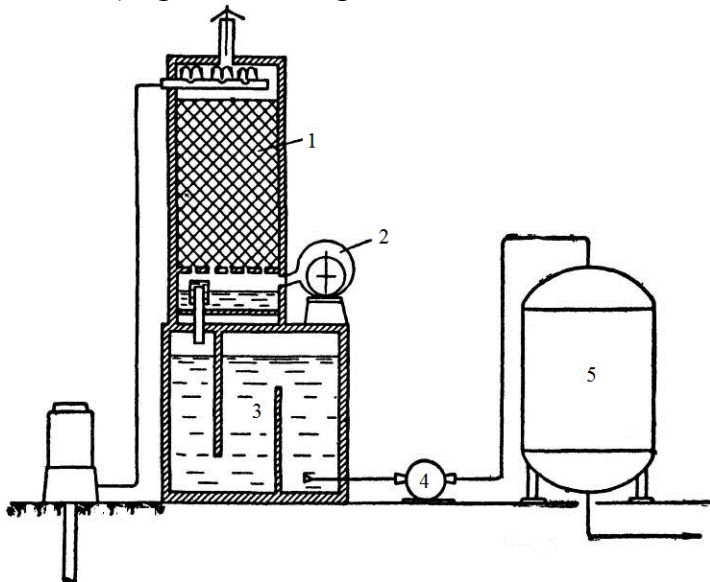


Рисунок 3.1 – Схема установки для знезалізнення води аерацією:
 1 – вентиляторна градирня;
 2 – вентилятор;
 3 – контактний резервуар;
 4 – насос; 5 – фільтр

При аерації з води видаляється вуглекислота, що прискорює процес окислення двовалентного заліза в тривалентне і наступний гідроліз з утворенням гідроксиду заліза.

Для здійснення аерації застосовують:

- 1) вентиляторні градирні (дегазатори);
- 2) контактні градирні з природною вентиляцією, якщо продуктивність знезалізнюючих установок не більше 50-75 м³/год.

Висоту шару насадки з кільць Рашига $h_{кр}$ приймають за таблицею 3.1.

Таблиця 3.1 – Рекомендована висота шару насадки вентиляторної градирні для аерації води при її знезалізненні

Насадка	Висота шару насадки, м, при загальній лужності води, мг-екв/дм ³					
	2	3	4	5	6	8
Кільця Рашига розміром 25×25×3 мм	1,5	1,75	2	2,5	3	4
Хордові з дерев'яних брусків	2	2,5	3	3,5	4	5

Необхідна площа вентиляторної градирні

$$F_{ads} = \frac{Q}{q_{гр}}, \text{ м}^2, \quad (3.1)$$

де Q – продуктивність установки, м³/год.;

$q_{гр}$ – питома витрата води на 1 м² площі вентиляторної градирні, м³/м²;

приймають при насадці з кілець Рашига 60 м³/год і при дерев'яній хордовій насадці 40 м³/ч.

Продуктивність вентиляторів градирні

$$Q_{\text{вент}} = \frac{Q}{Q_0}, \text{ м}^3/\text{год.}, \quad (3.2)$$

де Q_0 – необхідна продуктивність вентилятора на 1 м³ оброблюваної води, м³/м³; звичайно приймають 10 м³.

Напір, що розвивається вентилятором, повинен дорівнювати

$$h_{\text{вент}} = 30 \cdot h_{\text{кр}}, \text{ мм вод. ст.} \quad (3.3)$$

Ємність контактного резервуара

$$W = \frac{Q \cdot t}{60}, \text{ м}^3, \quad (3.4)$$

де t – час перебування води в контактному резервуарі, 30–40 хв.

Напірні вертикальні фільтри для закінчення процесу флокуляції гідроксиду заліза і видалення його проектує за прийнятими методиками.

Для завантаження фільтрів використовують пісок з крупністю зерен 0,5–1,2 мм при висоті фільтруючого шару 1 200 мм.

При застосуванні напірних фільтрів необхідно передбачати введення повітря в трубопровід, який подає воду, в кількості 2 л на 1 г двовалентного заліза.

Застосовують знезалізнення методом фільтрування зі спрощеною системою аерації.

Знезалізнення води зі спрощеної аерацією допустимо при наступних показниках якості вихідної води:

а) вміст заліза (загального) до 10 мг/дм³, у тому числі двовалентного не менше 70 %;

б) рН води не менше 6,8;

в) лужність води більше $\left(1 + \frac{\text{Fe}^{2+}}{28}\right)$ мг-екв/дм³;

г) вміст сірководню не більше 0,5 мг/дм³;

д) перманганатна окислюваність не більше $0,15(\text{Fe}^{2+}) + 5 \text{ м} \text{г} \text{O}_2/\text{дм}^3$.

Якщо одна з цих умов не витримується, потрібна попередня аерація води в аераторах з додаванням в неї в необхідних випадках реагентів (перманганату калію, хлору та ін.).

Конструкція фільтрів для знезалізнення води зі спрощеної аерацією аналогічна конструкції фільтрів для освітлення і знебарвлення води, але з наступними розрахунковими параметрами:

□ діаметр зерен фільтруючого шару – мінімальний 0,8 мм і максимальний 1,8 мм;

□ еквівалентний діаметр 0,9–1,0 мм;

- коефіцієнт неоднорідності 1,5–2,0;
- висота шару 1000 мм;
- швидкість фільтрування при нормальному режимі 7 м/год, а при форсованому 10 м/год.

Використання більш крупного завантаження з діаметром зерен 1–2 мм, з еквівалентним діаметром 1,2–1,3 мм і коефіцієнтом неоднорідності 1,5–2 при висоті фільтруючого шару 1200 мм дозволяє збільшити швидкість фільтрування при нормальному режимі до 10 м/год., а при форсованому – до 12 м/год.

Розрахункова тривалість фільтроциклу повинна бути не менше 12 год.

Таким чином, практичне використання даного методу дозволяє проводити знезалізнення води без влаштування аераторів і контактних резервуарів.

Практичне заняття № 4

Розрахунок установки для адсорбції домішок із води

Адсорбцію використовують для глибокого очищення вод замкнутого водоспоживання та доочищення стічних вод від органічних речовин, у тому числі й від біологічно жорстких.

Апарати для сорбційної очистки стічних вод класифікують за різними ознаками:

- щодо організації процесу – періодичної і безперервної дії;
- за гідродинамічним режимом – апарати витіснення, змішування і проміжного типу;
- за станом шару сорбенту – з нерухомим, рухомим, пульсуючим, тим, що перемішують і циркулюючим шаром;
- за організацією контакту взаємодіючих фаз – з безперервним і ступінчастим контактом;
- за організацією напрямку руху фаз – з прототечійним, протитечійним і змішаним рухом;
- за конструкцією – колонні і ємнісні;
- за способом підведення енергії – без підведення енергії ззовні (гравітаційне рух фаз) і з підведенням енергії ззовні (примусовий рух твердої фази).

Найчастіше в практиці очищення води використовують адсорбери з нерухомим і щільно рухомим шаром поглинача, апарати з псевдозрідженим шаром адсорбенту, а також апарати, в яких забезпечується інтенсивне перемішування оброблюваної води з порошкоподібним або пилоподібним сорбентом.

Вибір конструкції адсорберів обумовлений дисперсним складом адсорбенту, який приймається з урахуванням дефіцитності, його вартості та можливості регенерації.

Залежно від дисперсного складу адсорбенту, принципові конструкції адсорберів можна поділити на такі типи:

I – адсорбер з нерухомим або рухомим завантаженням, через який водний потік фільтрується або низхідним потоком зі швидкістю до 20 м/с, або висхідним – зі швидкістю до 12 м/год., застосовують для фракцій 0,8–5 мм;

II – адсорбер з псевдозрідженим завантаженням, розширення шару якого здійснюється не менше ніж на 50 % висхідним потоком води зі швидкістю 10–40 м/год., застосовують для фракцій 0,25–2,5 мм;

III – адсорбери-змішувачі, застосовують для фракцій 0,05–0,5 мм;

IV – патронні адсорбери з фільтруванням води зі швидкістю 1–12 м/год. через шар адсорбенту товщиною 0,5–2,0 см, застосовують для фракцій 0,02–0,1 мм.

Адсорбери I типу можуть застосовуватися для очищення будь-яких обсягів вод самого широкого спектру концентрацій і хімічної будови видобутих домішок.

Адсорбери II типу найбільш доцільно застосовувати для очищення невеликих обсягів вод з добре сорбованими забрудненнями.

Адсорбери III типу ефективно використовувати для очищення невеликих обсягів висококонцентрованих вод.

Адсорбери IV типу – для очищення невеликих обсягів низько концентрованих вод (5–10 мг/л видобутих домішок).

Найпоширенішими є адсорбери з нерухомим шаром завантаження (рис. 4.1), які виконують у вигляді металевих колон або бетонних резервуарів.

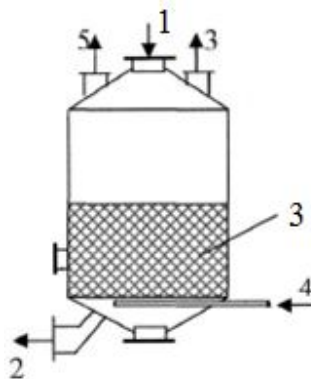


Рисунок 4.1 – Адсорбер з нерухомим шаром:

- 1 – вихідна вода; 2 – очищена вода;
- 3 – адсорбент, завантаження адсорбенту;
- 4 – гострий водної пари для регенерації адсорбенту;
- 5 – продукти регенерації

Вони становлять собою вертикальні однокамерні циліндричні апарати (колони) з листової сталі з привареними еліптичними штампованими днищами. До нижнього днища приварені три опори для установки фільтра на фундамент. У центрі верхнього і нижнього днища приварені патрубки для підведення і відведення води. До них зовні приєднують трубопроводи, розташовані по фронту фільтра, а всередині – розподільні пристрої, що складаються з вертикальних колекторів, з'єднаних з радіально розташованими перфорованими трубами.

Корпус вугільного фільтра забезпечений двома лазами – верхнім і нижнім. На рівні нижнього розподільного пристрою до корпусу фільтра приварений штуцер для гідравлічної вивантаження відпрацьованого вугілля.

Найбільш раціональний напрямок фільтрації рідини через колону з адсорбентом – знизу вгору, так як при цьому вона рівномірно заповнює весь

переріз колони і відносно легко витісняє бульбашки повітря або газів, які надходять у шар разом з водою.

Адсорбент застосовують у вигляді зерен або часток неправильної форми розміром від 1,5–2 до 4–5 мм.

Умовою застосовності колон з нерухомим шаром адсорбенту є практично повна відсутність суспензій (особливо мінеральних) у воді, що надходить в колону. В іншому випадку замулювання шару тонкої суспензією призведе до швидкого зростання опору фільтрації та припинення роботи адсорбера задовго до використання його поглинальної здатності.

При розрахунку адсорберів задають такі вихідні дані:

- витрата води;
- початкова концентрація шкідливих речовин;
- концентрація шкідливих речовин в очищеній воді;
- ізотерма адсорбції;
- швидкість фільтрування води через завантаження або швидкість руху води через поперечні перерізи адсорбера;
- об'єм адсорбенту, який одноразово вивантажують з адсорбційної установки;
- орієнтовна тривалість періоду роботи адсорбенту до проскакування і відповідно заміни відпрацьованого адсорбенту чистим;
- необхідна ступінь відпрацювання;
- уявна і насипна щільності адсорбенту.

Вміст завислих речовин у водах, що надходять на адсорбери, не повинно перевищувати 5 мг/л.

Розрахунок адсорберів починають з визначення загальної площі адсорбційної установки.

Площу завантаження адсорбційної установки (одночасно і паралельно працюючих адсорберів) визначають за формулою

$$F_{ads} = \frac{q_w}{V}, \text{ м}^2, \quad (4.1)$$

де q_w – середня годинна витрата стічних вод, м³/год;

V – швидкість потоку, яку приймають не більше 12 м/год.

Кількість паралельно і одночасно працюючих адсорберів

$$n = \frac{F_{ads}}{f}, \text{ шт.}, \quad (4.2)$$

де f – площа одного апарату радіусом r , м²:

$$f = \pi \cdot r^2, \text{ м}^2. \quad (4.3)$$

Кількість послідовно працюючих адсорберів

$$N_{ads} = \frac{H_{tot}}{H_{ads}}, \text{ шт.}, \quad (4.4)$$

де H_{ads} – висота сорбційного завантаження одного фільтра, м; приймають конструктивно;

H_{tot} – загальна висота сорбційного шару, м; визначають за формулою

$$H_{tot} = H_1 + H_2 + H_3, \text{ м}, \quad (4.5)$$

де H_1 – висота сорбційного шару, м, в якому за період t_{ads} адсорбційна ємність сорбенту вичерпується до ступеня K ; розраховують за формулою

$$H_1 = \frac{D_{sb}^{min} \cdot q_w \cdot t_{ads}}{F_{ads} \cdot \gamma_{sb}}, \text{ м}, \quad (4.6)$$

де γ_{sb} – насипна вага активного вугілля, г/м^3 , яку приймають за довідковими даними;

D_{sb}^{min} – мінімальна доза активного вугілля, г/л , яку вивантажують з адсорбера при коефіцієнті вичерпання ємності K_{sb} ; визначають за формулою

$$D_{sb}^{min} = \frac{C_{en} - C_{ex}}{K_{sb} \cdot a_{sb}^{max}}, \text{ г/л}, \quad (4.7)$$

де C_{en} , C_{ex} – концентрація сорбованої речовини відповідно до і після очищення, мг/л ;

K_{sb} – приймають рівним 0,6–0,8;

a_{sb}^{max} – максимальна сорбційна ємність активного вугілля, мг/г ; визначають експериментально;

H_2 – висота завантаження сорбційного шару, що забезпечує роботу установки до концентрації C_{ex} протягом часу t_{ads} , прийнятого за умовами експлуатації; визначають за формулою

$$H_2 = \frac{D_{sb}^{max} \cdot q_w \cdot t_{ads}}{F_{ads} \cdot \gamma_{sb}}, \text{ м}, \quad (4.8)$$

де D_{sb}^{max} – максимальна доза активного вугілля, г/л ; визначають за формулою

$$D_{sb}^{max} = \frac{C_{en} - C_{ex}}{a_{sb}^{min}}, \text{ г/л}, \quad (4.9)$$

де a_{sb}^{min} – мінімальна сорбційна ємність активного вугілля, мг/л ; визначають експериментально;

H_3 – резервний шар сорбенту, розрахований на тривалість роботи установки протягом часу перевантаження або регенерації шару сорбенту висотою H_1 , м.

Ізотерму адсорбції, що виражає зв'язок між концентрацією адсорбата в стічній воді (C_{en} , г/л) і сорбційною ємністю адсорбенту, описують рівняннями. При вихідній концентрації до 100 мг/л ХПК можна використовувати ізотерму Генрі:

$$a_{sb} = \Gamma \cdot C_{ex}; \quad a_{sb} = \Gamma \cdot C_{en}.$$

При великих концентраціях зазвичай використовують ізотерму Фрейндліха:

$$a_{sb}^{\min} = f \cdot C_{ex}^{1/n}, \quad a_{sb}^{\max} = f \cdot C_{en}^{1/n}.$$

Визначивши коефіцієнти за дослідними точкам, обчислюють величини a_{sb}^{\min} і a_{sb}^{\max} , задавшись C_{en} і C_{ex} , та за ними визначають дози адсорбенту, які в статичних умовах забезпечують очищення води до необхідної якості (до проскакування), та до якості води, відповідної заданому вичерпанню ємності адсорбенту.

На основі розрахункових доз, задавшись орієнтовною тривалістю роботи адсорбційної установки до перевантаження адсорбера, розраховують висоту адсорбційного завантаження, що забезпечує очистку води до проскакування H_2 , і висоту завантаження, яка за той же період повинна вичерпати ємність сорбенту H_1 . Уточнюють величина H_1 з урахуванням умов заміни відпрацьованого адсорбенту чистим, тобто, наприклад, для нерухомого щільного шару завантаження H_1 приймають рівним висоті завантаження в одному апараті.

Загальну висоту завантаження адсорбенту приймають не менше, ніж H_{tot} . З огляду на те, що умови вичерпання ємності адсорбенту в динамічному (проточному) режимі відрізняються від прийнятих для орієнтовного розрахунку статичних (контактних) умов, необхідно уточнити тривалість роботи завантаження адсорбційної установки до проскакування за формулою

$$t_1 = \frac{2 \cdot C_{ex} \cdot (H_{tot} - H_1) \cdot \varepsilon \cdot (C_{en} + a_{sb}^{\max})}{V \cdot C_{en}^2}, \text{ год}, \quad (4.10)$$

$$\varepsilon = 1 - \frac{\gamma_{sb}^{\text{нас}}}{\gamma_{sb}^y}, \quad (4.11)$$

де $\gamma_{sb}^{\text{нас}}$ – насипна щільність адсорбенту, тобто відношення маси свіжонасипаних твердих частинок до займаного ними обсягу, г/см³ (т/м³, кг/дм³); насипна щільність враховує повітряні прошарки між частинками і менше як істинної, так і уявної щільностей;

γ_{sb}^y – уявна щільність адсорбенту, тобто маса гранули адсорбенту, віднесена до її об'єму, включаючи обсяги пір і газових включень, г/см³ (т/м³, кг/дм³);

ε – пористість (порозність) шару сорбенту, яка виражає частку вільного об'єму шару.

Тривалість роботи одного адсорбера до вичерпання ємності складе

$$t_2 = \frac{2 \cdot C_{en} \cdot K \cdot H_2 \cdot \varepsilon \cdot (C_{en} + a_{sb}^{max})}{V \cdot C_{en}^2}, \text{ год.} \quad (4.12)$$

Таким чином, необхідна ступінь очищення буде досягнута безперервною роботою n паралельних ліній адсорберів, в кожній з яких по N_{ads} послідовно встановлених адсорберів, з яких один резервний знаходиться в режимі перевантаження.

Об'єм завантаження одного адсорбера

$$W_{ads} = f \cdot H_{ads}, \text{ м}^3. \quad (4.13)$$

Суха маса вугілля в одному адсорбері

$$P_{ads} = W_{ads} \cdot \gamma_{sb}^{нас}, \text{ т.} \quad (4.14)$$

Втрати напору в шарі гранульованого вугілля при крупності частинок завантаження 0,8-5 мм приймають не більше 0,5 м на 1 м шару завантаження. Вивантаження активного вугілля з адсорбера необхідно передбачати насосом, гідроелеватором, ерліфтом і шнеком при відносному розширенні завантаження на 20–25 %, створюваним висхідним потоком води.

Вода, що надходить в адсорбери з псевдозрідженим шаром, не повинна містити завислих часток понад 1 г/л при гідравлічній крупності не більше 0,3 мм/с. Завислі речовини, що виносяться з адсорберів, і дрібні частинки вугілля видаляють після адсорбційних апаратів.

Швидкість висхідного потоку води в адсорбере приймають 30–40 м/год. для активного вугілля з розмірами частинок 1–2,5 мм і 10–20 м/год, для вугілля з розмірами частинок 0,25–1 мм.

Дозу активного вугілля для очищення води визначають експериментально.

Практичне заняття № 5

Газгідратний метод опріснення води

Газгідратний метод опріснення відноситься до методів з використанням штучного холоду і за апаратурним оформленням подібний виморожуванню з вторинним холодоагентом. Процес полягає в отриманні кристалів контактом солоної води з гідратуотворювальною речовиною, подальшою сепарацією їх від розсолу і плавленням. Для його здійснення установка повинна включати такі основні апарати: реактор-кристалізатор, сепаратор кристалів, конденсатор-плавитель і дегазатори прісної води і розсолу.

Найбільш перспективними для опріснення гідратуотворювачами є пропан, хлор, фреон-40, етилен, фреон-31, циклопропан та ін.

Володіючи всіма достоїнствами прямоконтактного виморожування, газогідратний метод вигідно відрізняється від нього вищою температурою

проведення процесу, чим дозволяє скоротити втрати холоду в навколишнє середовище. При використанні газогідратного методу ліквідується один з основних недоліків опріснення виморожуванням – небезпека замерзання промислової води в шарі кристалів льоду.

При певних температурах і тиску в результаті контакту перерахованих газів з водою утворюються тверді кристалогідрати, які можна описати формулою загального виду $mM \cdot nH_2O$, де M – молекула гідратоутворювального газу; m – кількість молекул газу; n – кількість молекул води.

Газгідрати є льдоподібні кристали, що складаються з молекул води і неполярних молекул газів. На кожен молекулу гідратоутворювального газу доводиться від 7 до 18 молекул води. Різні гідратоутворювальні агенти відрізняються за своїми властивостями і вартістю. При порівняно низькій температурі гідратоутворення пропан володіє здатністю приєднувати найбільше число молекул води, є відносно недорогим і доступним для широкого використання.

Технологічна схема опріснювальної кристалогідратної установки складається з чотирьох процесів, які протікають в наступній послідовності: кристалізація, сепарація, очищення і плавлення (рис. 2.4). Утворення кристалогідратів відбувається при змішенні рідкого газу з водою. При цьому частина газу випаровується, охолоджуючи воду, а інша частина, з'єднуючись з нею, утворює кристалогідрати. Процес здійснюється у спеціальному реакторі-кристалізаторі, в який знизу подається газ, а зверху – солоня вода. Для інтенсифікації гідратоутворення застосовуються мішалки, що перемішують суміш.

Сепарацію кристалогідратів від суспензії здійснюють різними методами. Для цих цілей можуть бути застосовані: фільтрування, центрифугування, пресування і, нарешті, відділення кристалогідратів від розсолу під дією гравітаційних сил.

Затримані кристалогідрати промиваються прісною водою, а потім під дією тепла плавляться, утворюючи газ і прісну воду.

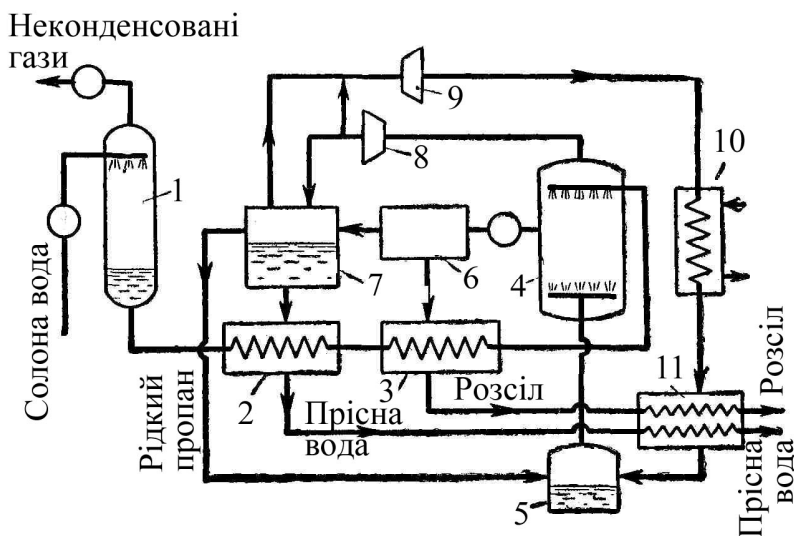


Рисунок 2.4 – Схема газогідратного процесу опріснення води:
 1 – деаератор;
 2, 3, 11 – теплообмінники;
 4 – реактор; 5 – ресивер;
 6 – колона сепарації;
 7 – плавильник;
 8 – компресор;
 9 – компресор високого тиску;
 10 – конденсатор

Практичне заняття № 6

Установки мембранного очищення води

Сучасні мембранні технології, вживані для водопостачання та водовідведення, розділяють на мікрофільтрацію, ультрафільтрацію, нанофільтрацію, зворотний осмос (гіперфільтрацію) та діаліз.

Таблиця 2.5 – Ефективність мембранних методів

	Мікро-фільтрація	Ультра-фільтрація	Нано-фільтрація	Зворотний осмос
Домішки	Зоопланктон Водорості Бактерії Частинки завислих речовин	Макромолекули Віруси Колоїди	Органічні сполуки Двовалентні іони	Одновалентні іони
Необхідний тиск	0,2–5,0 бар	1–10 бар	5–10 бар	10–150 бар

Суть всіх мембранних методів полягає у фільтруванні оброблюваної води під певним тиском через фільтруючі елементи, які мають різний ступінь затримання забруднень.

Напівпроникні мембрани, за допомогою яких відбувається процес розділення водних розчинів, є основною частиною будь-якого мікрофільтраційного, ультрафільтраційного, нанофільтраційного або зворотньоосмотичного апарату і значною мірою визначають не тільки технологічні показники процесу, але і технічні й експлуатаційні характеристики апаратів. Існує велика кількість різноманітних мембран, але тільки деякі з них знаходять широке застосування в промисловості та сільському господарстві.

Мембрани повинні задовольняти наступним основним вимогам:

- мати високу водопроникність, тобто малий гідродинамічний опір;
- забезпечувати необхідну ефективність розділення;
- мати великий термін служби при збереженні заданого рівня властивостей;
- характеризуватися хімічною і термічною стійкістю;
- володіти механічною міцністю;
- забезпечувати високу технологічність процесу: просту заміну і герметизацію мембран.

Розвиток і вдосконалення мембран йде в наступних напрямках:

- 1) створення механічно-, хімічно- і температурно-стійких мембран (нові полімерні матеріали, матеріали на основі целюлози, кераміка, срібло, композитні матеріали);
- 2) створення мембран низького ступеня забруднення;
- 3) створення широкого спектру мембран, призначених для роботи в умовах низького середнього і високого тиску;
- 4) підвищення терміну служби мембран до 7 і більше років;

5) зниження вартісних показників мембран.

Напівпроникні мембрани виготовляють з різних полімерних матеріалів, пористого скла, графіту, металевої фольги. Від матеріалу мембрани залежать її властивості (хімічна стійкість, міцність), а також в значній мірі її структура.

Пористі мембрани підрозділяють на мембрани з *еластичною структурою*, *жорсткою структурою* і *комбіновані*. До мембран з еластичною структурою відносять, наприклад, полімерні мембрани з анізотропною та ізотропною будовою, що піддаються ущільненню під впливом тиску. До мембран з жорсткою структурою відносять металеві, скляні й графітові мікропористі мембрани. Комбіновані мембрани поєднують в собі жорсткоструктурну основу з нанесеним на неї напівпроникним шаром. До цієї групи відносять складні мембрани, що утворюються при накладенні один на одного двох різних напівпроникних плівок.

За формою мембрани діляться на *листові*, *трубчасті*, і виконані у вигляді *порожнистого волокна*. Листові мембрани виготовляють у вигляді стрічки. Трубчасті мембрани бувають двох видів: з розташуванням активного напівпроникного шару на зовнішній або на внутрішній поверхні мембранної трубки.

Практичне заняття № 7 **Стабілізаційне оброблення води**

Стабільність води – один з основних показників її якості. Знебарвлену і освітлену на очисних спорудах воду не можна вважати задовільною за якістю, якщо вона, проходячи трубами, набуває забарвлення або утворює осад. Стабільність води порушується, якщо у воді є розчинений оксид карбону (IV) або кисень, спостерігається пересичення карбонатом кальцію чи гідроксидом магнію, підвищена концентрація сульфатів чи хлоридів або низьке значення рН. Стабільною вважається вода, якщо не розчиняється або не виділяється осад карбонату кальцію.

Дозу луку для поліпшення процесів утворення пластівців визначають згідно з [2] за формулою

$$D_{\text{л}} = K_{\text{л}} \cdot \left(\frac{D_{\text{к}}}{e_{\text{к}}} - L_0 \right) + 1, \text{ мг/дм}^3, \quad (7.1)$$

де $D_{\text{к}}$ – максимальна в період підключення доза безводного коагулянту, мг/дм³;

$e_{\text{к}}$ – еквівалентна маса коагулянту (безводного), мг/мг-екв;

L_0 – мінімальна лужність води, мг-екв/дм³;

K – коефіцієнт, який залежить від використовуваного луку.

Якщо розраховане значення дози луку має негативне значення, то для поліпшення умов утворення пластівців воду підключувати не треба.

При необхідності підключення води вапно потрібно вводити в оброблювану воду одночасно з введенням коагулянтів, якщо не встановлені інші умови.

Розрізняють *стабільність води* відносно до бетону і до металів.

Стабільність води по відношенню до бетону визначається насамперед вмістом у ній розчиненого вуглекислого газу (вугільної кислоти).

Вугільна кислота знаходиться у воді у зв'язаному і у вільному станах. Зв'язана вугільна кислота – це кислота, що входить до складу гідрокарбонатів і карбонатів. Вміст карбонатів у природних водах незначний і залежить від розчинності CaCO_3 . Тому під *зв'язаної вугільної кислотою* варто розуміти кислоту, що входить до складу гідрокарбонатів. Іноді таку вугільну кислоту називають напівзв'язаною. Найбільш поширеною сіллю, що входить до складу природних вод і містить вугільну кислоту у зв'язаному вигляді є гідрокарбонат кальцію $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Вміст гідрокарбонату кальцію у воді обумовлює так званий *лужний резерв* (лужність) води.

Вільну вугільну кислоту, тобто $\Sigma(\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2)$ ділять на рівноважну та агресивну. Класифікацію вугільної кислоти, що знаходиться у воді ілюструє схема, представлена на рисунку 7.1.

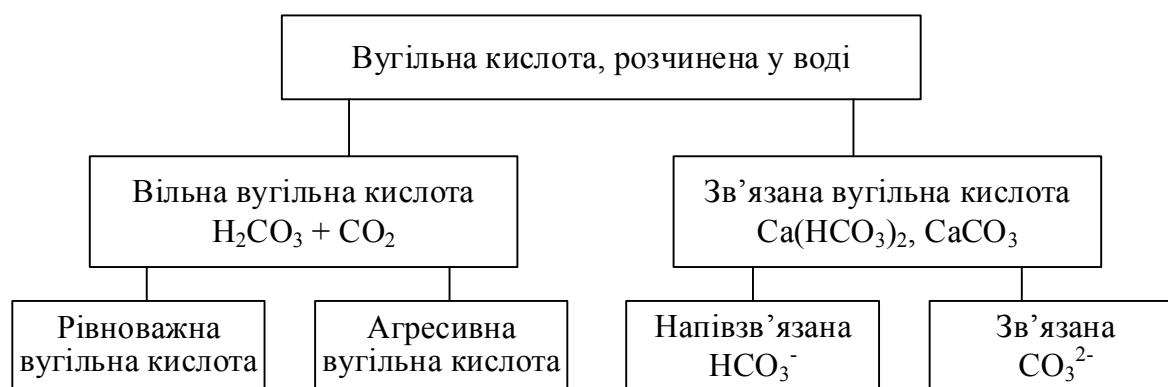
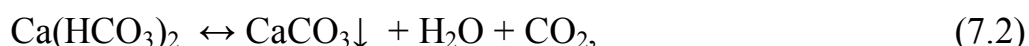


Рисунок 7.1 – Класифікація вугільної кислоти

Вміст *рівноважної вугільної кислоти* у воді визначається хімічною рівновагою



яке називають вуглекислотою рівновагою води. Як видно з рівняння реакції (7.1), вміст рівноважної вугільної кислоти у воді залежить від вмісту в ній гідрокарбонату кальцію: чим воно більше, тим більше рівноважної вугільної кислоти перебуває з ним у рівновазі. Якщо кількість вільної вугільної кислоти точно дорівнює кількості рівноважної вугільної кислоти, то така вода – стабільна, в іншому випадку – вода нестабільна.

Нестабільність її може бути двоякою. При пониженому вмісті CO_2 вуглекислотною рівновагою води зміщується вправо, що призводить до випадання карбонату кальцію в осад. Таким чином, вода з пониженим вмістом CO_2 схильна до відкладання карбонату кальцію, який, наприклад, зменшує просвіти в трубах водопроводів, їх пропускну спроможність. Тривале протікання трубопроводами води, пересиченої карбонатом кальцію, може призвести до повного заростання труб.

Кількість розчиненого у воді вуглекислого газу може бути і значно більшою, ніж потрібно за наведеним вище рівнянням вуглекислотної рівноваги

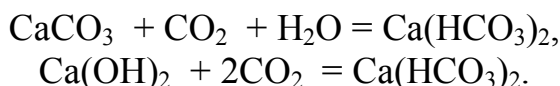
(7.1). Особливо це відноситься до підземних вод. У поверхневих водах вміст вільної вугільної кислоти (обумовлений в основному розчинністю вуглекислого газу повітря) зазвичай незначний (до 20 мг/дм³). Наявність агресивної вугільної кислоти в них мало ймовірна. У підземних водах вугільна кислота утворюється внаслідок протікання процесів розкладання органічних сполук, а також в результаті біохімічних процесів. Концентрація вільної вугільної кислоти в підземних водах досягає 40 мг/дм³.

Підвищений вміст вільної вуглекислоти у воді зазвичай спостерігається після очищення її коагуляцією, оскільки при взаємодії гідрокарбонатів з кислотою, що утворюється при гідролізі коагулянтів (сульфату алюмінію і хлориду заліза III), виділяється близько 80 мг СО₂ на 100 мг коагулянту.

Особливо сприятливі умови для накопичення агресивної вугільної кислоти створюються в період весняного паводку, коли через високу забарвленість води, що очищається (150–200) доводиться застосовувати підвищені дози коагулянту при невеликому лужному резерві води, тому в цей період знижуються концентрації всіх розчинених у воді солей.

Надлишкову вільну вугільну кислоту називають *агресивною*, оскільки вона дуже активна і реакційноздатна.

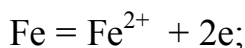
Наявність у воді агресивної вугільної кислоти є основною причиною агресивності води відносно до бетону. Агресивна вугільна кислота, реагуючи з карбонатом і гідроксидом кальцію, що містяться в бетоні, перетворює їх на розчинні гідрокарбонати, сприяючи швидкому руйнуванню бетонних споруд. Реакції, які протікають при руйнуванні бетону, можна записати такими рівняннями:



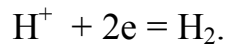
Агресивна вугільна кислота, що знаходиться у воді, не є корозійним агентом, безпосередньо діючим на метал, але побічно вона може сприяти корозії металу. На внутрішній поверхні водопровідних труб утворюються іржавокарбонатні відкладення, що оберігають метал від руйнування. Агресивна вугільна кислота, розчиняючи карбонатну частину цих відкладень, оголює металеву поверхню внутрішньої частини труб, чим створює сприятливі умови для корозії металу. Таким чином, вода очищена на водопровідних станціях і яка відповідає вимогам стандартів, але містить агресивну вугільну кислоту, на шляху до споживача забруднюється продуктами корозії труб, які підвищують забарвленість води і вміст у ній заліза вище встановлених норм. Тому дуже важливо контролювати в очищеній воді вміст агресивної вугільної кислоти.

Протікання корозійних процесів в залізі обумовлено мікрогальванічними парами, що виникають за рахунок вмісту в залізі домішок (наприклад, вуглецю) або неоднорідності обробки різних його ділянок. При корозії заліза протікають такі процеси:

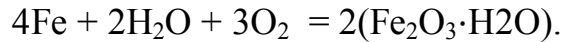
□ на аноді залізо розчинюється, утворюючи іони заліза та надлишкові електрони:



- на катоді іони водороду приєднують електрони, тобто відновлюються до газоподібного водню:



При зіткненні металу труб з водою, що містить кисень, атомарний водень, який виділяється, безперервно окислюється до H_2O , що викликає посилене розчинення заліза, процес корозії прогресує:



Для характеристики стабільності води по відношенню до бетону насамперед визначають вміст в ній вільної та зв'язаної вугільної кислоти, що дає тільки загальне уявлення про її стабільність. Якщо вільної вугільної кислоти у воді міститься дуже мало, то вода до бетону неагресивна. При великому вмісті вільної вугільної кислоти у воді судити про агресивність останньої важко, так як тут важливу роль відіграє вміст пов'язаної гідрокарбонатної вугільної кислоти і необхідно знати, яка частина вільної вугільної кислоти є рівноважною, а яка – агресивною.

Агресивність води залежить також і від вмісту розчинених у воді солей. При підвищенні їх вмісту кількість вільної вугільної кислоти, необхідної для підтримки вуглекислотного рівноваги води, зменшується. Таким чином, при однаковому вмісті вільної вугільної кислоти вода, що містить більшу кількість солей, агресивніша.

Щоб точніше визначити стабільність води по відношенню до бетону, використовують метод карбонатних випробувань, за яким нестабільність, а значить агресивність води характеризують зміною кількості зв'язаної вугільної кислоти після контакту досліджуваної води з карбонатом кальцію. Якщо вода стабільна, то в ній карбонат кальцію розчинитися не буде, якщо вона агресивна – то вугільна кислота, що міститься в ній, частково прореагує з карбонатом кальцію з утворенням гідрокарбонату кальцію за такою реакцією:



Отже, кількість зв'язаної вугільної кислоти після контакту агресивної води з карбонатом кальцію збільшується. Якщо ж кількість зв'язаної вугільної кислоти при цьому зменшується, значить вода була пересичена карбонатом кальцію, який випав в осад.

Характеристикою стабільності води є *показник стабільності*, для визначення якого запропоновано дві формули:

- основна

$$C_I = \frac{L_B}{L_H}, \quad (7.3)$$

де L_B – лужність вихідної води, ммоль/дм³;

L_H – лужність води після змішування з карбонатом кальцію (насичення), ммоль/дм³;

- допоміжна

$$C_{II} = \frac{\text{pH}_B}{\text{pH}_H}, \quad (7.4)$$

де pH_B – значення рН вихідної води;

pH_H – значення рН води, насиченої карбонатом кальцію.

Крім того, воду можна характеризувати індексом стабільності, який визначають за формулою

$$I = L_B - L_H, \quad (7.5)$$

де L_B – лужність вихідної води, ммоль/дм³;

L_H – лужність води, насиченої карбонатом кальцію, ммоль/дм³.

Значення L_H розраховують згідно з даними аналізу води за даними [2] за формулою

$$L_H = f_1(t) - f_2[Ca^{2+}] - f_3[L] + f_4(P), \quad (7.6)$$

де $f_1(t)$, $f_2[Ca^{2+}]$, $f_3[L]$ і $f_4(P)$ – функції відповідно температури води, вмісту в ній кальцію, лужності та загальної кількості солей.

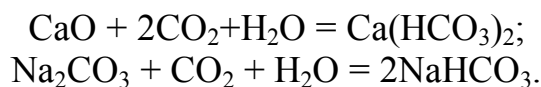
Якщо показник стабільності води при значеннях C_I і C_{II} дорівнює одиниці, а $I=0$, то вода є стабільною. Якщо C_I , C_{II} , $I < 1$, то вода агресивна. Якщо C_I , C_{II} , $I > 1$, то вода здатна до відкладання карбонату кальцію.

Стабілізаційне оброблення води (насичення) потрібно проводити за від'ємного значення індексу стабільності понад 8 міс. на рік, за додатного індексу стабільності (більше +0,5) – упродовж 8-10 міс.

Стабілізаційне оброблення води за від'ємного індексу стабільності ($I < 0$) стає в її підлогуванні, фільтруванні крізь мармурове кришиво, магномасу або видалення оксиду карбону (IV) аеруванням. При цьому передбачається створення умов для відкладання захисної карбонатної плівки на внутрішній поверхні труб.

Як реагенти для підлогування води зазвичай використовують вапно або соду. Соду застосовують тоді, коли у воді містяться іони кальцію в кількості, достатній для утворення захисної плівки карбонату кальцію. Лужні реагенти подають в очищену воду перед повторним хлоруванням і надходженням її в резервуари чистої води. При цьому потрібно забезпечити якісне прояснення розчинів реагентів. Допускається введення лужних реагентів до відстійників або фільтрів, якщо це не погіршує очищення води та не зменшує ефективність її стабілізаційного оброблення.

Стабілізаційні реагенти зв'язують оксид карбону (IV) за такими реакціями:

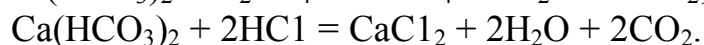
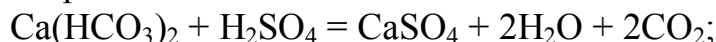


Якщо вода містить оксид карбону (IV), то стабілізацію її проводять фільтруванням у відкритих безнапірних фільтрах крізь мармурове кришиво ($CaCO_3$), напіввипалену доломіт-магномасу ($CaCO_3 \cdot MgO$) або випалений магнезит (MgO). Фільтри завантажують кришивом цих матеріалів із розміром

часточок 0,5–3 мм. Висота шару становить 2 м, швидкість фільтрування води крізь мармурове кришиво – до 10, а крізь магномасу – 10–20 м/год. Остання залежить від температури і лужності води, а також від концентрації в ній агресивного оксиду карбону (IV). Фільтрувальний шар промивають висхідним струменем води з інтенсивністю $15 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ упродовж 10–15 хв. Вміст заліза у воді, яка надходить на фільтри, не має перевищувати $0,5 \text{ мг/дм}^3$, оскільки за більшого вмісту його відбувається цементування зерен фільтрувального завантаження.

Стабілізацію води на малих водоочисних станціях за від'ємного індексу насичення ($I < 0$) можна досягнути видаленням з неї надлишкового вмісту оксиду карбону (IV). З цією метою воду пропускають крізь вентиляторну градирню з кільцевою пластмасовою насадкою або крізь кільця Рашига. Навантаження на градирню в першому випадку становить 70, а в другому – $60 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$. Витрата повітря досягає $20 \text{ м}^3/\text{м}^3$ води.

За додатного індексу насичення ($I > 0$) воду стабілізують підкисленням її сульфатною або хлоридною кислотою, обробленням гексаметафосфатом або триполіфосфатом натрію:



Після підкислення у воді зменшується вміст гідрокарбонатів та збільшується вміст оксиду карбону (IV), який, перебуваючи в стані рівноваги з гідрокарбонатами, перешкоджає утворенню карбонату кальцію й заростанню трубопроводів. Воду зазвичай підкислюють технічною сульфатною або хлоридною кислотами.

Для боротьби з корозією сталевих або чавунних труб застосовують гексаметафосфат або триполіфосфат натрію. Їх дія виявляється в утворенні на поверхні металу захисних плівок та гальмуванні корозійних процесів. Доза цих реагентів становить $2\text{--}4 \text{ мг/дм}^3$. При цьому залишковий вміст фосфат-іонів у питній воді згідно з державним стандартом [1] не має перевищувати $3,5 \text{ мг/дм}^3$.

Практичне заняття № 8

Коригування якості води у споживача

Проблеми питного водопостачання:

- забруднення джерел водопостачання;
- погана робота водоочисних станцій, застосування реагентів, хлорування води;
- погіршення якості води в трубопроводах розводящої мережі;
- відсутність водоочисних станцій у ряді населених пунктів

Таблиця 8.1 – Ознаки і причини забруднення води, поданої споживачеві

Проблема	Ознаки	Причина
Жорстка вода	Утворюється вапняний накип - білий наліт на трубах, сантехніці, в системі опалювання, в пральних і посудомийних машинах, чайниках	Солі кальцію і магнію у вхідній воді від $1,5 \text{ мг-екв}$ і вище

Проблема	Ознаки	Причина
	Збільшується витрата миючих засобів. При митті і пранні «згортається» мило, утворюються піноподібні шлаки	
Пісок у воді	Осад на раковинах і трубах. Абразивний знос при використанні води	Надлишок дрібнодисперсного піску або інших механічних частинок у воді
Запах	Запах рибний, затхлий, землистий або деревний	Присутність в поверхневих водах органічних сполук, як правило, безпечних для людини
	Запах хлору в міській воді	Сильне хлорування води
	Запах тухлих яєць. Утворення темних плям на посуді і предметах із срібла. Наявність жовтуватих, чорних плям на поверхні ванни/раковини. Зміна кольору кави, чаю і інших напоїв. Неприємний присмак приготованої їжі, її неапетитний вигляд	Наявність у воді розчиненого сірководню (H_2S), супроводжується підвищеним вмістом заліза і низьким рівнем рН. Присутність сульфурних бактерій, що виробляють сірководень. Звичайно відчувається в гарячій воді
	Запах миючих засобів, вода піниться. Запах септика	Витік з систем знезараження в підземні водоносні пласти. Випадкове попадання миючих засобів в систему подачі води або свердловину
Запах бензину або нафтопродуктів (вуглеводні)	Витік у водоносний шар з ємкостей для зберігання бензину або нафтопродуктів. Високий вміст у воді вуглеводнів в нафто- і	

Проблема	Ознаки	Причина
		газоносних регіонах
	Запах метану або каламутна вода	Результат розкладання органіки в районах нафтовидобутку або якщо житловий масив побудований на місці старого звалища, відходи якого потрапляють в джерело водопостачання
	Запах фенолу (хімічний запах)	Попадання стічних вод в системи водопостачання
Смак	Солоний присмак. Вода іноді надає послаблюючу дію	1. Високий вміст солей натрію або магнію (NaCl, Na ₂ SO ₄ , MgSO ₄). 2. Неправильне функціонування зм'якшувачів (сольовий розчин потрапляє в систему водопостачання)
	Присмак лугу. Плями на алюмінієвому посуді	Високий рівень загального солевмісту і підвищена лужність вхідної води
	Металевий присмак	Рівень рН в діапазоні 4,5–5,5 Високий вміст заліза
	Підвищена кислотність	Рівень рН нижче 4,5 із-за кислотності неорганічного походження
Корозія неіржавіючих поверхонь	Потемніння і корозія раковин, сантехніки і деталей посудомийних машин, виготовлених з неіржавіючої сталі	1. Дуже високий вміст хлоридів. 2. Високотемпературне осушення створює концентрацію хлоридів, яка

Проблема	Ознаки	Причина
		прискорює корозію
Каламутність	Суспензії з грязі, мула, глини у воді	Суспензії в поверхневих водах (ставки, озера, джерела), особливо після дощів
	Пісок, дрібний гравій, грязьовий або глинистий осад	Несе пісок з ще непромитої нової свердловини або дефектний сітчастий екран
	Пластівці іржі у воді, червонуватий колір води і бурий осад	Вода з підвищеною кислотністю "вимиває" залізо з трубопроводів
	У воді сірі ниткоподібні волокна	У вхідній воді міститься органіка - водорості та ін. Звичайно зустрічається в поверхневих водах
Кисла вода	Зелені сліди на раковині і інших фаянсових поверхнях. Синьо-зелений відтінок води	Результат реакції води з високим вмістом двоокису вуглецю (при рівні рН нижче 6,8) з мідними і бронзовими трубами і фіттингами
Корозійно-активна вода з високим вмістом кисню	Вихід з ладу мідних труб і корозія бронзової арматури, особливо на гарячій воді, при майже нейтральному рівні рН. У місцях з'єднань можуть з'являтися зеленуваті плями	Киснева корозія має місце при використанні поверхневих вод або навпаки, води з глибоких свердловин в пустинних районах. При нагріванні такої води виділяється велика кількість кисню, що впливає на металеві поверхні.
Залізиста вода	Залізо (Fe) в концентраціях вище 0,3 мг/дм ³ викликає бурі плями на водопровідній арматурі, сантехніці,	Наявність у воді розчиненого (двовалентного

Проблема	Ознаки	Причина
	плями на посуді і білизні після прання	заліза) в кількості вище 0,3 мг/л. Вода з крана холодної води поступає прозора, але з часом, особливо при нагріванні, набуває бурого забарвлення
	Вода червонувато-бурого кольору. Практично відразу при відстоюванні на дні ємкості осідають бурі частинки	Окислене залізо, з крана холодна вода йде вже брудна. Залізо «вимивається» із старих труб при рівні рН нижче 6,6
	Коричневий відтінок води. Осад не випадає	Органічне (бактерійне) залізо
	У воді зберігається червонуватий колір після 24 год відстоювання	Колоїдне залізо
Жовта вода	Вода набуває жовтуватого відтінку після зм'якшувача або будь-якого іншого фільтру (колір вище 75 град.). Жовті плями на тканині, фарфорі і інших поверхнях	У воді присутній танін (гумусова кислота), який є нешкідливою органічною сполукою. Зустрічається у воді, що проходить через торф'янистий ґрунт або шар рослинного перегною
Чорнуватий відтінок у води	Чорнуваті плями на білизні або сантехніці	Взаємодія двоокису вуглецю або органічних речовин з ґрунтами, що містять марганець. Звичайно зустрічається в поєднанні із залізом
Вода молочного кольору	Каламутна вода	Утворення суспензії з осадів при нагріванні. Швидко проходить. У воді міститься багато повітря, яке потрапляє туди із-за

Проблема	Ознаки	Причина
		<p>несправного насоса.</p> <p>У питну воду потрапив коагулянт із-за його передозування в очисній системі.</p> <p>У воді присутній метан (CH₄).</p> <p>Звичайно зустрічається в болотистих місцевостях, де у воді постійно йде процес розкладання рослинності. Також зустрічається в зоні, нафтопромислу</p>

Виходом може бути використання *різних систем для доочищення водопровідної води*, тому що водопровідна вода має величезну цінність, вона доступна всім, а від вторинного забруднення можна позбутися, поставивши хороший фільтр.

Фільтри призначені для доочищення в домашніх умовах питної води, очищають воду від різних механічних домішок (іржа, пісок) і мікроорганізмів, знижують концентрацію залишкового активного хлору, неорганічних домішок, органічних сполук, нафтопродуктів, важких металів і радіоактивних елементів, зберігаючи при цьому природну і біологічну цінність води, збагачують воду іонами лужних металів.

Фільтр для доочищення питної води – це побутовий водоочисний пристрій, який експлуатує та обслуговує сам споживач. Використання побутових фільтрів для доочищення водопровідної води – один з простих і доступних способів позбавитися від вторинного забруднення і зробити воду не тільки безпечною, але і корисною. Доочищення питної води за допомогою побутових фільтрів на сьогоднішній день варто розглядати як необхідний і рівноправний елемент сучасної схеми питного водопостачання, який ні в якій мірі не заміщає інші елементи і не конкурує з ними, а доповнює традиційну схему питного водопостачання.

Розглядаючи *області застосування побутових фільтрів для доочищення води*, необхідно виділити з них дві основні:

- 1) доочищення води для питних потреб та приготування їжі;
- 2) доочищення води для господарсько-побутових потреб.

Завдання доочищення водопровідної води для питних потреб та приготування їжі:

- видалення механічних домішок і завислих речовин;

- зниження запахів і присмаків, забарвленості, каламутності;
- видалення заліза і марганцю;
- зниження вмісту важких металів, органічних домішок;
- видалення нафтопродуктів та інших домішок.

Додатково, за бажанням споживача, можливо здійснювати зм'якшення води, але не глибше, ніж до 1,5 ммоль/дм³.

Доочищена вода повинна повністю задовольняти нормативним вимогам на питну воду [1]. Доочищення не повинне погіршувати фізіологічну повноцінність питної води.

Завдання доочищення водопровідної води для господарсько-побутових потреб:

- видалення крупнодисперсних домішок, в т.ч. окалини і піску;
- видалення продуктів корозії трубопроводів;
- зниження каламутності й забарвленості води;
- зм'якшення води.

Як правило, перед побутовими фільтрами не ставиться завдання знезараження води, тому що ця проблема повинна вирішуватися на очисних станціях. Але виробники пропонують для бактерицидної обробки води у побутових умовах використання ультрафіолетового опромінення.

Необхідність доочищення водопровідної води привела до того, що ринок заповнений побутовими фільтрами різних виготовлювачів. Враховуючи те, що вторинне забруднення в трубопроводах розвідних мереж різноманітно за своїм складом, побутові фільтри комбінують в собі різні методи обробки води (механічні, сорбційні, іонообмінні та ін.), а також розрізняються по конструкції і способу підключення.

Побутові фільтри класифікують:

- 1) за методом обробки води;
- 2) по конструкції і способу підключення.

Існують і інші класифікації.

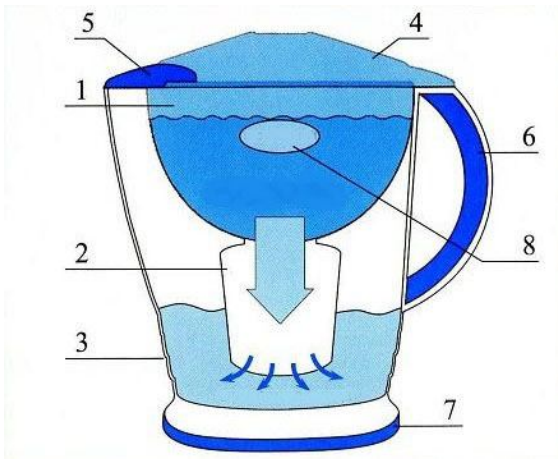
У побутових фільтрах застосовують такі **методи обробки води**:

- механічна очистка;
- сорбційні;
- іонообмінні;
- магнітні;
- озонові;
- зворотний осмос та ін.

У сучасних фільтрах, як правило, одночасно використовують кілька методів обробки води.

За конструкцією і способом підключення фільтри класифікують таким чином:

- фільтри типу глечика (рис. 8.1);
- фільтри-насадки на кран (рис. 8.2);
- фільтри настільного типу «поруч з мийкою» (рис. 8.3);
- фільтри, що встановлюють під мийку (рис. 8.4);
- магістральні фільтри (рис. 8.5).



- 1 – приймальна воронка;
- 2 – картридж з різьбленням;
- 3 – глечик;
- 4 – кришка;
- 5 – захисна кришка зливу;
- 6 – ручка;
- 7 – дно зі вставкою, яка виключає ковзання;
- 8 – торгова марка

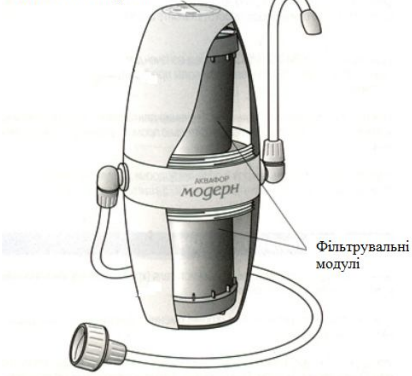


Рисунок 8.1 – Конструкція фільтрів типу глечика

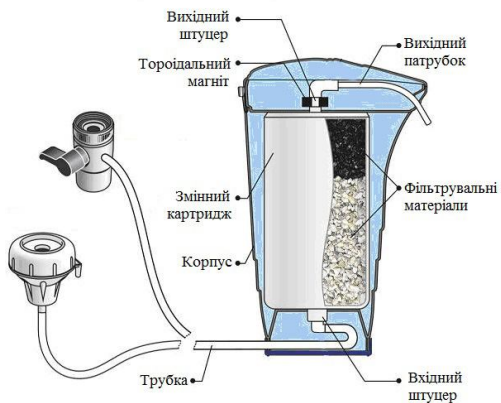


Рисунок 8.2 – Фільтри-насадки на кран

Календар для визначення дати заміни модулей



а)



б)

Рисунок 8.3 – Фільтри настільного типу «поруч з мийкою»



Рисунок 8.4 – Фільтри, що встановлюють під мийку



Рисунок 8.5 – Магістральні фільтри

Для вибору пристрою в кожному конкретному випадку необхідно:

- визначити обсяг споживання питної води (приблизну кількість літрів на добу);
- визначити свої вимоги до якості води;
- по можливості оцінити якість води, що надходить з водопровідної мережі (в ідеалі зробити хімічний аналіз води в спеціалізованій лабораторії).

Підбираючи фільтр, можна керуватися як відповідними нормативами, так і власними побажаннями.

При виборі фільтру необхідно враховувати кількість користувачів, а також визначити – для яких цілей буде застосовуватися фільтр (для доочищення води, використовуваної для пиття і приготування їжі або для господарських потреб, наприклад, для прийняття ванн, душа, купання дитини).

3 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

ЗМ 1.1 СПЕЦІАЛЬНІ СПОСОБИ ПІДГОТОВКИ ВОДИ

ТЕМА 1 Зм'якшення води

1. З якою метою здійснюють зм'якшення води?
2. Які види твердості води вам відомі?
3. Які є способи зм'якшення води?
4. Що впливає на вибір способу зм'якшення води?
5. Як здійснюють термічний, термохімічний та іонообмінний способи зм'якшення води?
6. У чому полягає суть термічного способу зм'якшення води?
7. Запишіть та поясніть рівняння вуглекислотної рівноваги.
8. Які апарати використовують для термічного зм'якшення води?
9. Поясніть схему каскадного підігрівача.
10. Поясніть схему термозм'якшувача системи Коп'єва.
11. У чому полягає суть реагентних способів зм'якшення води?
12. Які процеси протікають при вапняковому зм'якшенні води?
13. Які особливості вапнякового зм'якшення води?
14. Які процеси протікають при вапняково-содовому зм'якшенні води?
15. Які процеси протікають при содово-натрієвому зм'якшенні води?
16. Які особливості содово-натрієвого зм'якшення води?
17. Які процеси протікають при фосфатному зм'якшенні води?
18. Які процеси протікають при барієвому зм'якшенні води?
19. Реагентне зм'якшення води із застосуванням вихрових реакторів.
20. У чому полягає суть термохімічного зм'якшення води?
21. Поясніть схему термохімічної установки з фосфатним дозм'якшенням.
22. Термохімічне зм'якшення води в установках типа «Струя».
23. Регенерація вапна з осаду водозм'якшувальних установок.

ТЕМА 2 Застосування іонного обміну для очистки води

1. У чому полягає суть іонообмінного способу очищення води?
2. Які основні галузі застосування іонообмінних процесів у технології водопідготовки?
3. Принцип дії катіонітів.
4. Принцип дії аніонітів.
5. Сформулюйте визначення повної, статичної і динамічної обмінної ємності іонітів. Чим вони різняться?
6. Як класифікують іоніти?
7. Які основні властивості іонітів?
8. Чим відрізняються природні мінеральні іоніти від неорганічних та синтетичних полімерних?
9. Як здійснюється процес регенерації іонітів?
10. Які є способи регенерації іонітів?

11. Які реагенти використовуються як регенераційні розчини для іонітів?
12. Як запобігти виникненню протийонному ефекту при регенерації іонітів?
13. Які особливості регенерації Н-катионітів сірчаною кислотою при зм'якшенні води?
14. Поясніть принцип дії іонітових фільтрів і фільтрів змішаної дії.
15. Як здійснюється іонообмінне зм'якшення води?
16. Як здійснюється іонообмінне знезалізнєння води?
17. Як здійснюється іонообмінне знесолення води?

ТЕМА 3 Корекція вмісту фтору в питній воді

1. Для чого проводять корекцію вмісту фтору в питній воді?
2. Які групи питної води за вмістом в ній фторид-іонів розрізняє класифікація проф. Р.Д.Габовича?
3. Як здійснюють фторування води?
4. Які реагенти використовують для фторування води?
5. Як визначити дозу фторвміщуючого реагенту?
6. Поясніть схему роботи фторувальної установки сатураторного типу.
7. Поясніть схему роботи фторувальної установки з баками для розчинення з механічним перемішуванням.
8. Поясніть схему роботи фторувальної установки з баками для розчинення з барботуванням.
9. Поясніть схему роботи фторувальної установки з баками для розчинення та затворення.
10. Поясніть схему роботи фторувальної установки із використанням кремнефтористоводневої кислоти.
11. Поясніть схему роботи фторувальної установки сухого дозування.
12. Яка точність дозування фторвміщуючого реагенту? Як здійснюється контроль процесу фторування?
13. Для чого проводять корекцію вмісту фтору в питній воді?
14. Який оптимальний вміст фтору в питній воді за медичними дослідженнями та рекомендаціями ДержСанПіН?
15. Як знефторюють питну воду?
16. Охарактеризуйте сорбційні методи дефторування води.
17. Поясніть технологічну схему дефторування води з використанням гідроксиду магнію.
18. Поясніть технологічну схему дефторування води з використанням гідроксиду алюмінію.
19. Поясніть технологічну схему дефторування води з використанням фосфату кальцію.
20. Охарактеризуйте фільтраційні методи дефторування води.
21. Поясніть технологічну схему дефторування води з використанням активованого оксиду алюмінію.
22. Які матеріали використовують для фільтраційного дефторування води?

ТЕМА 4 Знезалізнення та деманганация води

1. З якою метою знезалізнюють питну воду?
2. Які є способи знезалізнення води і в чому їх суть?
3. Охарактеризуйте безреагентні методи знезалізнення води.
4. Суть знезалізнення води методом спрощеної аерації.
5. Суть знезалізнення води методом глибокої аерації.
6. Суть знезалізнення води методом «сухої» фільтрації.
7. Схема знезалізнення води з використанням каркасних фільтрів.
8. Схема знезалізнення підземних вод у пласті.
9. Схема знезалізнення води фільтрування в підземних умовах з попередньою подачею у пласт окислюваної води («Віредокс»).
10. Суть знезалізнення води методом аерації і двоступеневого фільтрування.
11. Суть знезалізнення води методом електрокоагуляції.
12. Схарактеризуйте реагентні методи знезалізнення води.
13. Які процеси відбуваються при реагентному знезалізненні води?
14. Які реагенти застосовують при реагентному знезалізненні води?
15. Суть знезалізнення води методом спрощеної аерації, окислювання та фільтрування.
16. Суть знезалізнення води методом напірної флотації з вапнуванням і фільтруванням.
17. Суть знезалізнення води методом вапнування, відстоювання і фільтрування.
18. Суть знезалізнення води методом фільтрування крізь модифіковане завантаження.
19. Суть знезалізнення води методом озонування і фільтрування.
20. Суть знезалізнення води комбінованим методом.
21. Як може бути здійснена деманганация води?

ТЕМА 5 Видалення з води газів, специфічних та токсичних домішок

1. Назвіть джерела виникнення запахів і присмаків природних вод.
2. Дайте визначення процесу дезодорації води. В яких випадках його застосовують?
3. Які є способи дезодорації води?
4. У чому полягає суть процесів дезодорації води аерацією?
5. Поясніть схему і принцип роботи барботажного аератора.
6. Як працюють аератори розбризкувального і каскадного типів?
7. У чому полягає суть процесів дезодорації води із застосуванням окислювачів?
8. Які окислювачі застосовують для дезодорації води?
9. Які умови для застосування різних окислювачів для дезодорації води?
10. Які переваги й недоліки має застосування озону для дезодорації води?

11. Які переваги й недоліки має застосування перманганату калію для дезодорації води?
12. Які особливості має застосування хлору для дезодорації води?
13. Що таке перехлорування води?
14. Як здійснюється хлорування з амонізацією?
15. Поясніть сутність електрохімічної дезодорації.
16. Як здійснюється дезодорація води активованим вугіллям?
17. Технологічні особливості вуглювання води.
18. Для чого і як проводиться регенерація активованого вугілля?
19. У чому полягає суть окисно-сорбційної дезодорації води?
20. Які переваги має окисно-сорбційна дезодорація води порівняно з іншими способами?
21. Які застосовують методи для видалення з води отрутохімікатів?
22. Як можна видалити із води розчинені гази?
23. Залежно від яких параметрів і як змінюється розчинність газів у воді?
24. У чому полягає суть фізичних і хімічних способів дегазації води?
25. Які є фізичні способи дегазації води і в чому полягає їх суть?
26. Поясніть схему та принцип роботи плівкового дегазатору.
27. Поясніть схему та принцип роботи барботувального дегазатору.
28. Поясніть схему та принцип роботи дегазатору пінного типу.
29. Поясніть схему та принцип роботи термічного дегазатору.
30. Поясніть схему та принцип роботи вакуумного дегазатору.
31. Поясніть схему та принцип роботи вакуумного дегазатору з підігріванням.
32. Які є хімічні способи дегазації води і в чому полягає їх суть?
33. Які реагенти застосовують для видалення залишкового кисню?
34. Які реагенти застосовують для видалення сірководню?
35. Джерела радіаційного забруднення води.
36. Як очищають воду від радіоактивних забруднень?
37. Застосування відстоювання для видалення радіоактивних речовин.
38. Застосування фізико-хімічних методів для видалення радіоактивних речовин.
39. Особливості застосування коагулювання для видалення радіоактивних речовин.
40. Особливості застосування фільтрування для видалення радіоактивних речовин.
41. Особливості застосування сорбентів для видалення радіоактивних речовин.
42. Застосування електролітичних методів.
43. Для чого проводять знесіліціювання води?
44. Методи видалення з води силіцієвої кислоти.
45. Знесіліціювання води вапном.
46. Знесіліціювання води солями феруму та алюмінію.

ЗМ 1.2 ОПРІСНЕННЯ Й ЗНЕСОЛЕННЯ

ТЕМА 6 Опріснення і знесолення води

1. Сутність процесів опріснення і знесолення води.
2. У чому різниця термінів «опріснення» і «знесолення»?
3. Охарактеризуйте методи знесолення води без зміни її фазового стану.
4. Охарактеризуйте методи знесолення води, що реалізуються зі зміною її фазового стану.
5. Сутність опріснення води дистиляцією.
6. Принципова схема однокорпусної дистиляційної установки.
7. Принципова схема багатокорпусної дистиляційної установки.
8. Дистиляційна установка з термокомпресором.
9. Схема адіабатного випарника.
10. Геліюопріснення.
11. Методи запобігання утворенню накипу на поверхні нагрівання теплообмінної апаратури опріснювальних установок.
12. Використання гідрофобних теплоносіїв легше за воду.
13. Використання гідрофобних теплоносіїв важче за воду.
14. Сутність опріснення води виморожуванням.
15. Застосування природного холоду для опріснення води.
16. Використання холодильних установок для опріснення води.
17. Опріснення води виморожуванням у вакуумі.
18. Опріснення води із застосуванням гідрофобних холодоагентів.
19. Газгідратний метод опріснення води.
20. У чому сутність екстракційного очищення води?
21. З яких технологічних операцій складається технологія екстракційної водопідготовки?
22. У чому полягає суть електродіалізу?
23. Охарактеризуйте фізико-хімічні властивості іонообмінних мембран?
24. Поясніть схему електродіалізного апарату.
25. Сутність процесу знесолення води зворотним осмосом.
26. Характеристика зворотньоосмотичних мембран.
27. Поясніть схему апарату з використанням листових мембран з плоским фільтруючим елементом.
28. Поясніть схему апарату з використанням листових мембран з рулонним фільтруючим елементом.
29. Поясніть схему апаратів з використанням трубчастих мембран.
30. Поясніть схему апарату з використанням мембран у вигляді порожнистого волокна.

ЗМ 1.3 КОНДИЦІЮВАННЯ ЯКОСТІ ВОДИ

ТЕМА 7 Кондиціонування якості води

1. Охарактеризуйте якість води, отриманої за «традиційною» технологією.
2. Охарактеризуйте якість води, опрісненої дистиляцією.
3. Охарактеризуйте якість води, опрісненої зворотним осмосом.
4. Охарактеризуйте якість води, опрісненої електродіалізом.
5. Які вимоги ставлять до якості господарсько-питної води?
6. Від чого залежать вимоги до якості води різних споживачів?
7. Особливості вимог до якості води, яку використовують для виробничих потреб.
8. Поняття стабільності води.
9. Стабільність води відносно до бетону і до металів.
10. Форми присутності вугільної кислоти у воді.
11. Особливості агресивної вугільної кислоти.
12. Визначення стабільності води.
13. Стабілізаційне оброблення води за від'ємного індексу стабільності.
14. Стабілізаційне оброблення води за додатного індексу стабільності.
15. Для чого необхідне коригування мінералізації опрісненої води?
16. Біологічний ефект дії маломінералізованих вод.
17. Назвіть методи мінералізації опрісненої води.
18. Особливості методів мінералізації опрісненої води.
19. Які виділяють проблеми питного водопостачання?
20. Як впливає робота водоочисних станцій на якість води у споживача?
21. Причини та наслідки вторинного забруднення води в трубопроводах розвідної мережі.
22. Назвіть ознаки і причини забруднення води, поданої споживачу.
23. Дія фільтрів для доочищення в питної води домашніх умовах.
24. Области застосування та особливості побутових фільтрів для доочищення води.
25. Методи обробки води у фільтрах для доочищення питної води в домашніх умовах.
26. Завдання доочищення водопровідної води для питних потреб та для господарсько-побутових потреб.
27. Як класифікують побутові фільтри за конструкцією і способом підключення?
28. Основні рекомендації для вибору побутового пристрою для очищення води.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. – Затверджено МОЗ України 12.05.2010. – Київ, 2010. – 25 с.
2. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування : ДБН В.2.5 – 74:2013 / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Київ, 2013. – 287 с.
3. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування : ДБН В.2.5-75:2013 / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – Київ, 2013. – 210 с.
4. СНиП П-35-76 (с учетом действующих изменений и дополнений). Котельные установки. Часть II. Нормы проектирования. Глава 35. Котельные установки. – К. : Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2006. – 49 с.
5. Кострикин Ю. М. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления : Справочник / Ю. М. Кострикин, Н. А. Мещерский, О. В. Коровина. – М. : Энергоиздат, 1990. – 254 с.
6. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води / А. К. Запольський. – Київ : Вища школа, 2005. – 671 с.
7. Кульський Л. А. Технологія очистки природних вод / Л. А. Кульський, П. П. Строкач. – Київ : Вища школа, 1986. – 352 с.
8. Фрог Б. Н. Водоподготовка / Б. Н. Фрог, А. П. Левченко. – М. : Изд-во МГУ, 1996. – 680 с.
9. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод / А. К. Запольський, Н. А. Мішкова-Клименко та ін. – Київ : Лібра, 2000. – 552 с.
10. Адсорбция органических веществ из воды / А. М. Когановский, Н. А. Клименко и др. – Л. : Химия, 1990. – 256 с.
11. Яковлев С. В. Технологія електрохімічної очистки води / С. В. Яковлев, И. Г. Краснобородько. – Л. : Стройиздат, 1987. – 312 с.
12. Громогласов А. А. Водоподготовка: процессы и аппараты / А. А. Громогласов, А. С. Копылов. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 272 с.
13. Технологія радіаційної очистки стічних вод / Р. В. Джагацпанян, В. А. Гольдин и др. – М. : Энергоиздат, 1981. – 43 с.
14. Радиационное обеззараживание сточных и природных вод / В. Н. Шубин, Ю. И. Шаранин и др. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 64 с.
15. Горев Л. Н. Радіоактивність природних вод : навч. посібник / Л. Н. Горев. – К. : Вища школа, 1993. – 174 с.
16. Коростелев Д. П. Обработка радиоактивных вод и газов на АЭС / Д. П. Коростелев - М. : Энергоатомиздат, 1988. – 152 с.
17. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды : В 2-х ч. / Л. А. Кульський, И. Т. Гороновский, А. М. Когановский, М. А. Шевченко – Киев : Наукова думка, 1980. – Ч. 1-2.
18. Цифровий репозиторій ХНУМГ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://eprints.kname.edu.ua>.
19. Центр дистанційного навчання ХНУМГ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://cdo.kname.edu.ua>.

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
для проведення практичних занять та самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«СПЕЦКУРС З ОЧИСТКИ ПРИРОДНИХ ВОД»

*(для студентів 1-2 курсів денної і заочної форм навчання
другого (магістерського) рівня вищої освіти
спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія
та водні технології)*

Укладач **СОРОКІНА** Катерина Борисівна

Відповідальний за випуск *Г. І. Благодарна*
За авторською редакцією
Комп'ютерне верстання *К. Б. Сорокіна*

План 2019, поз. 125М

Підп. до друку 09.09.2019. Формат 60 × 84/16.

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 2,4.

Тираж 50 пр. Зам. № ____.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.