

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

**М.Я. Берещук, В.О. Тихонюк - Сидорчук**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ

“ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИСТКИ ВОДИ”

(для студентів 3 курсу денної і заочної форм навчання

напряму підготовки 6.060103 “Гідротехніка (водні ресурси)”

спеціальності “Водопостачання і водовідведення”)

ХАРКІВ – ХНАМГ – 2009

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Теоретичні основи технології очистки води” (для студентів 3 курсу денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.060103 “Гідротехніка (водні ресурси)” спеціальності “Водопостачання і водовідведення”) / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: М.Я. Берещук, В.О.Тихонюк-Сидорчук – Х.: ХНАМГ, 2009. – 24 с.

Укладачі: М.Я. Берещук,  
В.О. Тихонюк-Сидорчук

Рецензент: К.Б. Сорокіна

Рекомендовано кафедрою водопостачання,  
водовідведення та очищення вод,  
протокол № 1 від 1.09.09

## З М І С Т

	Стор.
1. Теоретична частина	4
Загальні вказівки	4
2. Лабораторні роботи	5
Лабораторна робота №1. Натрій - катіонний метод пом'якшення води	5
Лабораторна робота №2. Визначення оптимальної дози коагулянту	10
Лабораторна робота №3. Видалення заліза з води коагуляцією	17
3. Правила техніки безпеки під час проведення лабораторних робіт	20
Додаток	22
Список літератури	23

# 1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

## ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Лабораторні роботи студенти виконують відповідно до навчального плану семестру. Тривалість виконання однієї роботи - 2 години. Для проведення лабораторних занять академічну групу студентів підрозділяють на бригади, які займаються кожна своєю лабораторною роботою. Заняття проводять два викладачі, за кожним з яких закріплюється рівна кількість бригад.

Перед початком лабораторних робіт викладач проводить інструктаж з техніки безпеки проведення лабораторних робіт і пожежної безпеки, з оформленням у відповідних журналах і з підписами студентів. Студенти, які не пройшли інструктаж з техніки безпеки, до виконання робіт не допускаються.

Перед лабораторними заняттями студенти проробляють теоретичну і практичну частини майбутньої лабораторної роботи, доповідають викладачеві порядок її проведення, після чого оформляють лабораторний журнал і одержують допуск до виконання роботи.

З усіма питаннями, що виникають при виконанні лабораторної роботи, студенти звертаються до викладача.

Результати лабораторних робіт заносять у лабораторний журнал (Додаток).

Оформлену роботу студент захищає і здає викладачеві.

## 2. ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ

### Лабораторна робота № 1

## НАТРІЙ - КАТІОНІТНИЙ МЕТОД ПОМ'ЯКШЕННЯ ВОДИ

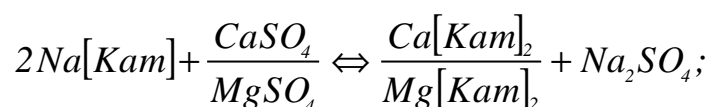
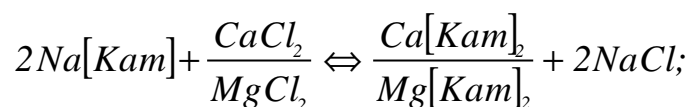
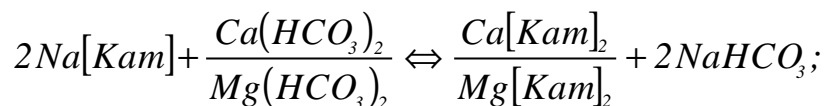
### 1. Загальні вказівки

Зниження жорсткості води методом катіонного обміну засноване на здатності деяких природних чи штучних речовин практично не розчинних у воді, обмінювати іони  $Na^+$  та  $H^+$ , які знаходяться в їхньому складі, й іони  $Ca^{2+}$  і  $Mg^{2+}$ , що зумовлюють жорсткість води.

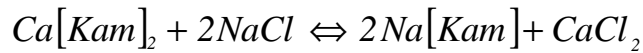
Процес обміну катіонів розглядається в даний час як оборотна гетерогенна хімічна реакція, що протікає на поверхні твердої фази катіоніту. Обмін катіонів відбувається в строго еквівалентних співвідношеннях. Швидкості реакцій обміну іонів катіоніту і досягнення повної рівноваги дуже великі. Завдяки цьому припустимими є великі швидкості фільтрування води, що підлягає пом'якшенню через катіоніти (від 10 до 25 м/год. залежно від жорсткості вихідної води).

Пом'якшення води методом катіонного обміну досягається фільтруванням її через шар катіоніту, завантаженого на дренажні ґрати металевого фільтра. При цьому можна розмежувати наступні зони у фільтруючому шарі: верхній шар виснаженого катіоніту, робочий чи захисний шар, в якому відбувається зм'якшення води, і шар, що не працює. У момент проскакування іонів, які визначають жорсткість води, у фільтрат шар катіоніту, який не працював, зникає, і фільтр необхідно регенерувати розчином повареної солі чи кислоти.

Реакції пом'якшення води, які протікають на поверхні катіоніту в  $Na$  формі, можуть бути представлені рівняннями:

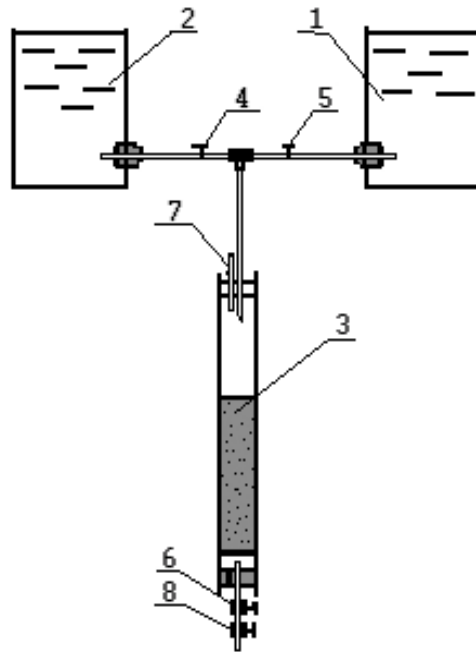


Реакція регенерації катіоніту розчином хлориду натрію протікає за рівнянням



## 2. Устаткування, прилади, реактиви

1. Лабораторна установка для пом'якшення води (див. рис. 1)
2. Секундомір
3. Мірна склянка місткістю 1 л з розподілами
4. Реактиви для визначення жорсткості вода за приведеною нижче методиці.



**Рис. 1 - Лабораторна установка для пом'якшення води:**

- 1 – сулія з досліджуваною водою; 2 – сулія з дистильованою водою;  
3 – катіонітовий фільтр; 4 – вентиль для подачі дистильованої води; 5 – вентиль для подачі досліджуваної води; 6 – вентиль для регулювання швидкості фільтрування; 7 – вентиль для випуску повітря з установки; 8 – вентиль.

## 3. Проведення роботи

1. Визначають жорсткість досліджуваної води за приведеною нижче методикою визначення (ДСТ 4151-72).

2. Регулюють швидкість фільтрування води, яка повинна бути під час досліду постійною і рівною 10 м/год. Для цього відкривають повністю вентилі 4 і 8, вентилем 6 регулюють швидкості фільтрування. Швидкість визначають об'ємним способом. Вимірюють секундоміром час наповнення склянки визначеної ємкості, знаючи витрату і площу перетину фільтра, обчислюють швидкість фільтрування.

3. Закривають вентиль 4 (вентиль 6 залишають без зміни). Надлишок води зливають, залишаючи над катіонітом її шар висотою 1-2 см. Для цього є вентиль 8.

4. Повністю відкривають вентиля 5 і 8. Через 15 хв від початку досліду і далі, через кожні 30 хв протягом досліду відбирають у колби проби пом'якшеної води для визначення жорсткості.

За годинником відзначають час початку і кінця досліду. Початком досліду вважається час подачі перших порцій вихідної води в катіонітовий фільтр. Кінцем досліду - момент досягнення жорсткості фільтрату, рівної 0,06 – 0,1 ммоль-екв/л (за завданням викладача).

Результати визначень зводять у табл.2.

#### 4. Обчислення робочої обмінної ємкості катіоніту

1. Визначають об'єм вихідної води  $W$  (м<sup>3</sup>), яка пройшла через катіонітовий фільтр протягом досліду:

$$W = Q \times t,$$

де  $Q$  – витрата води, яка проходить через фільтр, м<sup>3</sup>/год;

$t$  – час проведення досліду, год.

2. Обчислюють робочу обмінну ємкість катіоніту, (г-екв/м<sup>3</sup>):

$$E_{\text{раб}} = \frac{Ж_0 \cdot W}{W_{\text{кка}}},$$

де  $Ж_0$  – жорсткість вихідної води, м-екв/л;

$W_{\text{кат}}$  – об'єм катіоніта завантаженого у фільтр, м<sup>3</sup>

#### 5. Визначення загальної жорсткості води

Загальну жорсткість питних, підземних і поверхневих вод, відповідно до ДСТ 4151-72, визначають комплексометричним методом. Метод заснований на зв'язуванні іонів кальцію і магнію в комплексні сполуки, що супроводжується зміною фарбування індикатора.

#### 6. Реактиви, посуд, прилади

1. Розчин комплексону Ш (трилон Б, двозаміщена натрієва сіль чотирьохосновний етілендіамітетрауксусної кислоти) з молярною концентрацією 0,025 моль/л: 18,6 м комплексону Ш ч.д.а. розчиняють у дистильованій воді обсягом до 1л.

2. Буферний розчин.

3. Розчин еріохрому чорного Т

4 Колби конічні на 250 мл

5. Піпетки на 5 і 100 мл
6. Бюретки на 25 мл з краником.
7. рН - метр зі скляним електродом і „електродом порівняння”

### 7. Методика виконання визначення

До 100 мл проби додають 5 мл буферного розчину. Після перемішування пробу титрують розчином комплексону Ш у присутності індикатора до переходу червоно-фіолетового фарбування в синє.

### 8. Розрахунок

Загальну жорсткість  $X$  (ммоль-екв/л) визначають за формулою

$$X = \frac{V_1 \cdot K \cdot 100}{V},$$

де  $V_1$  – об'єм витраченого комплексону Ш, мл;

$K$  – коефіцієнт для приведення концентрації розчину комплексону Ш до точної молярної концентрації, 0,025;

$V$  – об'єм проби, мл.

Результати округляють за табл. 1:

Таблиця 1.

Діапазон концентрацій, ммоль-екв/л	0,05–1	1–2	2–5	5–10
Округлення результатів, ммоль-екв/л	0,02	0,05	0,1	0,2

*Примітка.* Надкислотні чи надлужні проби перед дослідженням нейтралізують. Титрування повинне продовжуватися не більше 5 хв.

Таблиця 2.

Час початку і кінця дослідження	Тривалість фільтрування, t год	Витрата води, Q, м <sup>3</sup> /год	Швидкість фільтрування, м/год	Обсяг катіоніта у фільтрі, W <sub>кат</sub> м <sup>3</sup>	Жорсткість вихідної води, Ж <sub>0</sub> , ммоль-екв/л	Жорсткість фільтрату, ммоль-екв/л			Робоча обмінна ємність катіоніта, E <sub>роб</sub> , Г-екв/м <sup>3</sup>	Паспортна обмінна ємність катіоніта, Г-екв/м <sup>3</sup>
						Через 15 хв послі початку дослідження	Через 45 хв послі початку дослідження	Через 75 хв послі початку дослідження		



### *Контрольні питання*

1. Як визначають кальцієву жорсткість води?
2. Чим обумовлена лужність води?
3. Як можна видалити тимчасову жорсткість води?
4. Чим обумовлена постійна жорсткість води?
5. В яких межах допускається жорсткість води оборотних систем охолодження пром підприємств?
6. На чому заснований комплексонометричний метод визначення загальної жорсткості води?
7. Як можна визначити некарбонатну жорсткість води?
8. Одиниці виміру твердості і лужності (у системі СІ і др.), їхній взаємозв'язок.
9. Які речовини називають катіонами, а які – аніонами?
10. Що таке робоча обмінна ємкість катіоніту?

## Лабораторна робота № 2

### ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ДОЗИ КОАГУЛЯНТУ

#### 1. Устаткування, прилади, реактиви

1. Фотоелектроколориметр

2. рН-метр

3. Магнітний змішувач (рис. 2)

4. Для виконання роботи готують колбу з випробуваною водою, закритою пробкою; мірні циліндри на 250 мл - 7 шт., плоскодонні колби -2-3 шт., ємкістю 500 мл; піпетки на 1 і 5 мл, піщаний годинник на 3 хв.; секундомір; розчин  $Al_2(SO_4)_3$  концентрацією 20 г/л (готується розчиненням  $39Al_2(SO_4)_3 \times 18H_2O$  в 1 л води); 5% розчин  $NaOH$ .

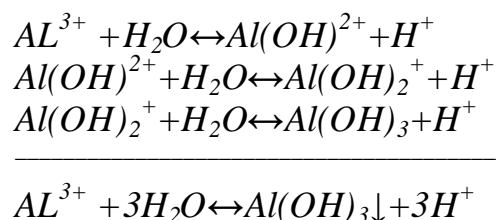
#### 2. Мета роботи

Визначити оптимальну дозу коагулянту  $Al_2(SO_4)_3 \times 18H_2O$  (глинозему) для очищення води поверхневого джерела шляхом побудови коагуляційної і кінетичної кривих.

#### 1. Загальні вказівки

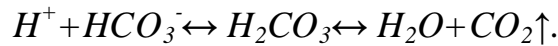
Для очищення води від колоїдних, тонкодисперсних і частково-істиннорозчинених забруднень використовують метод агрегації органічних домішок електролітами -  $Al_2(SO_4)_3 \times 18H_2O$  (глинозем),  $Al_2(OH)_5Cl$  (оксіхлорид алюмінію),  $FeCl_3 \times 7H_2O$  (залізний купорос),  $FeCl_3 \times 6H_2O$  (хлорне залізо), алюмовмісні відходи підприємств, багатокомпонентні суміші та інші сполуки неорганічного й органічного походження. Електроліти, які викликають агрегацію домішок (коагуляцію), називають коагулянтами.

Коагулянти – це солі сильних кислот і слабких лугів, тому при введенні у воду вони гідролізуються за схемою:

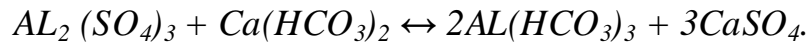


Реакція гідролізу зворотна, що потребує видалення (зв'язування) кислоти, яка утворюється, з метою вирішення повноти завершення реакції гідролізу. Цю

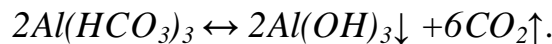
функцію виконують присутні в природних водах гідрокарбонат-іони, які визначають природну лужність води:



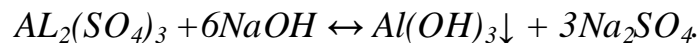
При достатній кількості в природних водах солей карбонатної жорсткості реакція взаємодії коагулянту може проходити за рівнянням:



Утворені гідрокарбонати алюмінію не стійкі, розпадаються до гідроксидів і вуглекислоти:



Якщо карбонатна жорсткість води недостатня для повноти реакції, особливо в період паводку, то в коагульовану воду вводять лужні реагенти – вапно (в схемах з вапнуванням), або їдкий натр. В останньому випадку збільшується солеміст води за рахунок утворення  $Na_2SO_4$ :



Гідроксиди алюмінію малорозчинні у воді і виділяються з неї у вигляді колоїдних позитивно заряджених часток з великою сумарною площею поверхні. Гумусові речовини, що надають природній воді кольоровість, і частки порід і ґрунтів, що визначають її каламутність, являють собою негативно заряджені колоїди. Через різницю зарядів ці дві системи взаємодіють: на позитивно зарядженій поверхні гідроксидів добре адсорбуються гумусові речовини, а безпосередньо частки гідроксидів адсорбуються на поверхні ґрунтових, глинистих та інших зважених часток.

Разом з тим наявність у воді негативно заряджених іонів приводить до коагуляції колоїдних часток гідроксидів, тобто відбувається зниження їхнього заряду і втрата ними стійкості. У результаті частки починають злипатися одна з одною, що призводить до утворення „містків” між зваженими частками домішок. Ці „містки” немовби „зшивають” зважені частки між собою, утворюючи так звану зверхміцеллярну структуру. Остання під впливом гідродинамічних сил потоку розривається в найбільш слабких місцях, наслідком чого є утворення пластівців, які потім збільшуються при взаємних

зіткненнях. Осадження такої коагульованої суспензії призводить до видалення з води речовин, які обумовлюють її каламутність і кольоровість.

Дозу (концентрація) коагулянту та інших реагентів визначають експериментально для кожного вододжерела з урахуванням характерних періодів року. Мінімальна концентрація електроліту при перевищенні якої спостерігається явна коагуляція, називається порогом коагуляції.

Доза коагулянту повинна бути оптимальною, що забезпечує високу якість очищеної води при мінімальних техніко-економічних витратах.

Оптимальною дозою коагулянту називають мінімальну концентрацію електроліту, яка забезпечує ефективну коагуляцію і наступне збільшення дози коагулянту вже не покращую якість води.

Ефективність очищення води коагулянтами залежить від наступних факторів: типу і дози коагулянтів, температури води, концентрації і фізико-хімічного складу завислих речовин, співвідношення розчинених, коллоїдно-розчинених і зважених домішок, солемісту і жорсткості води, величини рН, послідовності введення реагентів, режиму обробки (інтенсивності і тривалості змішування, тривалості седиментації пластівців і ущільнення осаду). Тому вибір оптимальної дози коагулянту є важливим елементом в технології очищення води.

Для успішного протікання процесу необхідно правильно підібрати дозу коагулянту. Оптимальною називається та найменша доза коагулянту, що забезпечує кольоровість очищеної води  $< 20$  град, при мінімальній її каламутності і хорошому пластівцеутворенні (досить швидке утворення великих, добре осідаючих пластівців). Оптимальна доза коагулянту залежить від величини і природи кольоровості оброблюваної води, її каламутності, лужності й температури. Оптимальну дозу визначають у процесі пробного коагулювання води різними дозами коагулянту.

## **2. Схема установки**

Установка складається з магнітної мішалки 1 і колби 2 з випробуваною водою і реагентами, яка встановлюється на підставці 3 корпусу магнітної

мішалки. Усередину колби опускають стрижень, що перемішує, 4. Корпус мішалки заземлюють, після чого мішалку вмикають до мережі напругою 220 вольтів. Для приєднання проводу, що заземлює, на задній стінці корпусу розташована клема. Стрижень 4 приводять в обертання за допомогою тумблера 5. Для збільшення швидкості обертання стрижня рукоятку 6 повертають за годинниковою стрілкою і встановлюють на середині шкали швидкості обертання магнітного стрижня. Це відповідає приблизно 800 об/хв магнітного стрижня.

Тумблер 7 призначений для включення електрообігріву. Для запобігання від саморозмагнічування магніту до мішалки додають сталеве кільце, яке концентрично накладають на основу корпусу при вимкненому апараті.

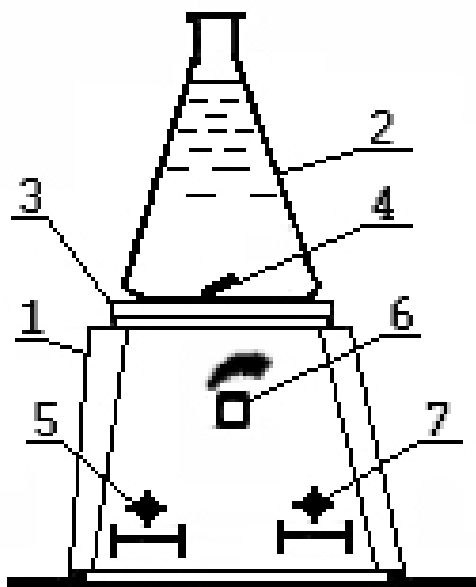


Рис.2 - Схема установки:

1-магнітна мішалка, 2-колба, 3-основа, 4-стрижень, 6-рукоятка, 5,7-тумблери

### 3. Проведення роботи

Оптимальну дозу коагулянту визначають для двох умов: 1) без підлужування води; 2) з підлужуванням води.

У кожному випадку пробу випробуваної води ретельно перемішують перед її відбором.

1) 200 мл випробуваної води (1 проба) наливають у плоскодонну колбу 2, занурюють у неї стрижень, що перемішує, 4 і перемішують на

магнітній мішалці 1 протягом 3-х хвилин. Потім розчин зливають у циліндр № 1 для відстоювання. В інші проби води (2-7) перед перемішуванням додають розчин коагулянту (сірчаноокислого алюмінію) у таких кількостях:

Таблиця 3

№ проби	2	3	4	5	6	7
Кількість розчину коагулянту, який було долито в циліндр, мл	0,5	1	2	3	4	6
Відповідна цьому об'єму доза коагулянту, мг/л	50	100	200	300	400	600

Після перемішування, проби води зливають у циліндри, відповідно №2 ...№7 і включають секундомір.

2) Досліди з підлужуванням води виконуються аналогічно, до кожної проби води перед перемішуванням додають 1 мл 5% розчину *NaOH*.

Для кожної проби води відзначають час початку відстоювання. Тривалість відстоювання - 0,5 години. Через 0,5 год з кожного циліндра відбирають відстояний розчин, в якому визначає оптичну щільність проби на фотоколориметрі. За даними значень оптичної щільності можна одержати порівняльні дані про каламутність води залежно від дози коагулянту. При відстоюванні води в циліндрах відзначають час початку утворення пластівців, час початку осідання, а також вид пластівців (пухкі, великі, дрібні).

*Обробка результатів спостережень.* Записують умови проведення досліду:

Кількість вихідної води для кожного досліду \_\_\_\_\_ мл

Оптична щільність вихідної води \_\_\_\_\_

Тривалість перемішування проби води \_\_\_\_\_ хв.

Тривалість відстоювання \_\_\_\_\_ хв.

Таблиця 4

Умови проведення дослідів	№ проби	Кількість введеного коагулянту, мл	Доза коагулянту, мг/л	Час початку утворення пластівців, хв	Час початку осідання пластівців, хв	Оптична щільність води після дослідів
Без підлужування						
З додаванням $NaOH$						

За даними дослідів будують графіки, відкладаючи по осі абсцис дозу коагулянту в мг/л, а по осі ординат - оптичну щільність стічної води. За графіками знаходять оптимальну дозу коагулянту і роблять висновок про необхідність підлужування для досліджуваної води.

Оптимальною дозою коагулянту вважається така доза, коли збільшення кількості доданого коагулянту понад цю дозу не приводить до помітного зниження оптичної щільності води, яку очищують.

#### 4. Завдання

1. Визначити температуру, рН, каламутність, загальну жорсткість, солевміст води, яку буде досліджено.

Дослідити відповідно до вищенаведених рекомендацій цих методичних вказівок і визначити поріг коагуляції, оптимальну дозу коагулянту. Побудувати графік  $M=f(C)$ ,

де  $M$  – каламутність,  $г/м^3$ ;

$C$  – концентрація коагулянту  $г/м^3$ .

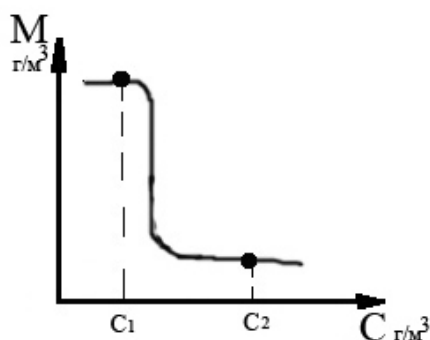


Рис. 3 – Графік  $M=f(C)$  для визначення оптимальної дози коагулянту;  $C_1$  – порогова концентрація коагулянту;  $C_2$  – оптимальна доза коагулянту

2. Перевірити ефективність очищення води, використовуючи оптимальну дозу коагулянту попереднього дослідження, і визначити стадії коагуляції за кінетичною кривою  $M=f(t)$ , де  $t$  – тривалість коагуляції, год.

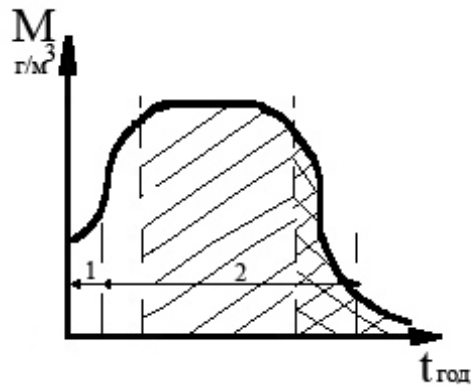


Рис. 4 – Кінетична крива  $M=f(C)$  для визначення стадії коагуляції:  
 1 – прихована коагуляція; 2 – явна коагуляція;  $\diagup$  – стадія пластівцеутворення;  
 $\times$  – стадія седиментації і ущільнення осаду.

4. Визначити у воді після очищення  $pH$ , каламутність, загальну жорсткість, залишкову концентрацію алюмінію, солевміст в пробах з підлуженням.

5. Результати досліджень записати в журнал і оформити за додатком 1.

### **Контрольні питання**

1. Які стадії коагуляції характерні для процесу очищення води методом агрегації домішок електролітами?
2. Які фактори впливають на величину електрокінетичного потенціалу гідрофобних колоїдів у процесі коагуляції?
3. Особливості взаємодії колоїдних домішок у процесах гетеро коагуляції гідрофобних і гідрофільних колоїдів.
4. Методи інтенсифікації процесу коагулювання.
5. Особливості контактної коагуляції.



## Лабораторна робота № 3

### ВИДАЛЕННЯ ЗАЛІЗА З ВОДИ КОАГУЛЯЦІЄЮ

#### 1. Загальні вказівки

Одним з методів знезалізнення води є коагулювання води.

При обробці поверхневих вод коагулянтами відбувається сумісного осадження гідроксидів солей коагулянтів, які утворюють при гідролізі і гідролізі солей заліза, які знаходяться в природній воді у вигляді колоїдів.

#### 2. Устаткування, прилади, реактиви

1. Циліндри місткістю 500 мл кожний - 7 шт.
2. Колби місткістю 50-100 мл кожна - 7 шт.
3. Піпетка на 10 мл
4. Скляні палички
5. Колби місткістю 500 мл кожна - 7 шт.
6. Порцелянові чашки - 2 шт.
7. Паперові фільтри, лійки.
8. Посуд і реактиви для визначення вмісту заліза у воді: розчин 50 %-ний роданіду калію чи амонію; стандартний розчин заліза, 1 мл якого містить 0,1 мг заліза (0.8634 г залізо (III) - амоній сульфату  $Fe(NH_4)(SO_4)_2 \times 12H_2O$ ), розчиняють у дистильованій воді, додають 10 мл концентрованої сірчаної кислоти і доводять об'єм до 1 л); розведена соляна кислота (1:1); персульфат амонію; піпетки на 1 мл; піпетки з поділками на 1 і 2 мл; колба мірна на 50 мл; кювети з товщиною шару 1-5 см.
9. Фотоелектроколориметр із синім світлофільтром ( $\lambda = 490 - 508 \text{ нм}$ );

#### 3. Проведення роботи

Визначають попередньо вміст заліза і рН досліджуваної води

Досліджувану воду наливають до мітки в 7 циліндрів місткістю 500 мл кожний, доливають градуйованою мірною піпеткою визначену кількість сульфату алюмінію відповідно до табл.3.

Вміст циліндрів змішують швидким (5-20 с), а потім повільним (5 хв) обертанням скляної палички і залишають на 30 хв. Потім з верхнього шару

води піпеткою чи сифоном відбирають по 100 мл води, яку фільтрують через щільні паперові фільтри. У фільтраті визначають загальний вміст заліза.

Найменша доза сульфату алюмінію, яка знизилася вміст заліза в досліджуваній воді до 0,3 мг/л, характеризує знезалізнення води коагулюванням. Результати визначення записують до табл. 3.

Таблиця 5.

Показники	Номери циліндрів						
	1	2	3	4	5	6	7
Доза $Al_2(SO_4)_3$ , мг/л	10	30	50	100	150	200	300
Кількість 1% $Al_2(SO_4)_3$ , мг/л	0,5	1,5	2,5	5	7,5	10	15
Вміст заліза у фільтраті, мг/л							
Вміст заліза у вихідній воді, мг/л							

Визначення загального заліза роблять колориметрично із застосуванням роданіду калію чи амонію відповідно до ДСТ 4011-72.

Пробу наливають до мітки в колбу місткістю 50 мл, додають 1 мл розчину соляної кислоти (1:1), кілька кристалів персульфату амонію і після трихвилинного перемішування – 1 мл роданіду амонію. Через 3 хв. визначають оптичну щільність на приладі. З показника оптичної щільності проби віднімають значення її в холостому досліді. Холостий дослід виконують з тими ж реактивами, тільки замість досліджуваної води наливають дистильовану. Вміст заліза (мг/л) визначають за отриманою оптичною щільністю за графіком. Візуальне колориметрування здійснюють у порцелянових чашках, титруючи стандартним розчином дистильовану воду з доданими реагентами до зрівняння інтенсивності фарбування з фарбуванням проби.

#### 4. Розрахунок

Вміст заліза ( $X$ , мг/л) при візуальному визначенні в чашках обчислюють за формулою

$$X = \frac{V_1 \cdot C \cdot 1000}{V},$$

де -  $V_I$  – об'єм стандартного розчину, витраченого на титрування при візуальному визначенні, мл;

$C=0,1$  (1 мл стандартного розчину містить 0,1 мг заліза);

$V$  – об'єм проби, мл.

Для побудови каліброваного графіка зі стандартного розчину готують серію розчинів з вмістом 0 - 2,0 мг/л заліза й обробляють їх за вищенаведеною методикою.

Визначення тривалентного заліза у воді виконують аналогічно визначенню загального заліза, але без добавки персульфату амонію.

Кількість двовалентного заліза знаходять, віднімаючи з загальної кількості заліза кількість тривалентного заліза.

*Примітка.* При вмісті заліза більше 3 мг/л проби розбавляють. Кратність розведення рекомендується викладачем.

### ***Контрольні питання***

1. В якому вигляді міститься залізо в природних водах?
2. Наведіть реакцію гідролізу заліза в природній воді?
3. Якими ще методами можна видалити залізо з природних вод?

### **3. ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

При роботі в лабораторії студенти особливу увагу повинні звертати на техніку безпеки і дотримуватися правил безпечної роботи: вміти користуватися з хімічним посудом, реактивами, розчинами і нагрівальними приладами. Застосовуваний в лабораторії хімічний посуд у більшості випадків скляний, тонкостінний і тендітний, тому вимагає дбайливого користування, тому що при недбалому поводженні з ним можливі різні поранення (порізи рук склом). При роботі хімічний посуд слід тримати в руках обережно (не стискати сильно пальцями). При його митті необхідно стежити за тим, щоб не пробити стінки чи дно. У випадку невеликого порізу варто видалити осколки, змити кров навколо рани ватним тампоном, змоченим розчином марганцево-кислого калію, змазати йодом і зав'язати бинтом чи заліпити лейкопластирем. При невеликих порізах рани можна покрити клеєм БФ-6 (для обробки мікротравм). При глибоких артеріальних ранах після видалення скла руку слід міцно перев'язати джгутом вище порізу, видалити кров навколо рани, накласти кілька шарів стерильної марлі, потім товстий шар гігроскопічної вати і звернутися до лікаря.

Велике значення має знання студентів про сполуки, з якими їм приходится працювати в лабораторії. Багато з них можуть бути хімічними отрутами, і при необережному поводженні можуть слугувати причиною хімічних опіків і отруєнь. До таких речовин відносяться насамперед рідкі кислоти і луги. Усі реактиви й розчини, які використовують в лабораторії, повинні знаходитися в закритому посуді з чітким написом, який вказує назву і концентрацію реагенту. При попаданні сильних кислот на шкіру слід негайно змити облите місце водою, а потім 5 %-ним розчином двовуглекислої соди. При опіку лугами також рекомендується обмити уражене місце водою, а потім 2%-ним розчином оцтової кислоти. Якщо кислота пролилася на підлогу, її варто засипати піском, потім зібрати його і винести з приміщення, а облите місце промити розчином соди. При роботі з реактивами слід пам'ятати, що

наповнення піпеток для виміру малих об'єм кислот, лугів та інших речовин виконують тільки за допомогою гумової груші. Засмоктування ротом категорично забороняється! Усю роботу зі шкідливими й отруйними речовинами необхідно проводити у витяжних шафах.

Нагрівальні прилади слід встановлювати на теплоізоляційні підставки. При необережній роботі можливі теплові опіки від самого приладу і нагрітого хімічного посуду. Не рекомендується брати гарячий посуд руками. Нагріті предмети беруть щипцями, колботримачами, джгутом з рушника. Необхідно уважно стежити за роботою нагрівальних приладів і не залишати їх без догляду. У випадку опіків першого ступеня (червоність) на обпалене місце необхідно накласти вату, змочену розчином марганцевокислого калію, концентрація якого мусить бути тим більше, чим сильніше опік. Можна використовувати мазі від опіків. При опіках другого ступеня (міхури) обпалене місце обробляють розчином марганцевокислого калію чи 5 %- ним розчином Таніна. При опіках третього ступеня (руйнування тканин) рану вкривають стерильною пов'язкою і викликають лікаря. У приміщенні лабораторії, де працюють студенти, завжди повинні бути наготові протипожежні засоби: вогнегасники, азбест, пісок. Не допускається гасити водою олію, гас, бензин, сірковуглець та ін.

Кожен студент перед початком роботи в лабораторії зобов'язаний ознайомитися з положеннями „Інструкції з техніки безпеки для працюючих у хімічних лабораторіях”.

## ДОДАТОК

*Послідовність оформлення лабораторного журналу.*

Дата:

**Лабораторна робота №...**

Назва роботи

Мета роботи:

*Устаткування, прилади, реактиви:*

*Хід роботи (методика визначення):*

*Схема лабораторної установки:*

*Таблиця вихідних даних і результатів:*

*Формули та розрахунки:*

*Графічний матеріал (виконується на міліметровому папері):*

Висновки:

*Підпис викладача, дата.*

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Николадзе Г.И., Минц Д.М., Кастальский А.А. Подготовка воды для хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения. - М.: Высшая школа, 1984.
2. Вода питьевая. Методы анализа. - М.: ГОСТы СССР, 1984.
3. Довідник по властивостях, методам аналізу й очищенню води/ Під ред. Л.А.Кульського, И.Т.Гороновского, А.М.Когановського та ін.- К.: Наук.думка, 1960.
4. Кульский Л. А./Левченко Т.М., Петрова М.У, Хімія і мікробіологія води. Практикум. – К.: Вища школа, 1976.

## НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни  
“Теоретичні основи технології очистки води”  
(для студентів 3 курсу денної і заочної форм навчання напряму підготовки  
6.060103 “Гідротехніка (водні ресурси)”  
спеціальності “Водопостачання і водовідведення”)

Укладачі: БЕРЕЩУК Микола Якович,  
ТИХОНЮК-СИДОРЧУК Вікторія Олегівна

Редактор М.З. Аляб'єв

План 2009, поз. 133-М

---

Підп. до друку 23.09.2009	Формат 60×84 1/16	Папір офісний.
Друк на ризографі.	Умовн.-др. арк. 1,0	Обл.–вид.арк. 1,5.
Зам. №	Тираж 50 прим.	

---

---

61002 Харків, ХНАМГ, вул. Революції, 12  
Сектор оперативної поліграфії ЦНІТ ХНАМГ  
61002, м. Харків, вул. Революції, 12

---