

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
З КУРСУ
«ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСНОВИ ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ»

ЧАСТИНА 1
РЕАГЕНТНІ МЕТОДИ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ

Київ
НТУУ “КПІ”

2012

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
З КУРСУ**

«Фізико-хімічні основи процесів очищення води»

Частина 1

Реагентні методи очищення води

для студентів напряму підготовки 6.040106
“Екологія, охорона навколишнього середовища та
збалансоване природокористування”

Рекомендовано Вченою радою
інженерно-хімічного факультету НТУУ «КПІ»
протокол № _____ від _____ 2012 р.
(протокол № _____ дата)

Київ
НТУУ “КПІ”

2012

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Фізико-хімічні основи процесів очищення води. Частина 1. Реагентні методи очищення води» для студентів напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»/ Укл. Гомеля М. Д., Шаблій Т. О., Носачова Ю.В. – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 75 с. – Укр. мовою.

Укладачі: Гомеля М.Д.
Шаблій Т.О.
Носачова Ю.В.

ПЕРЕДМОВА

Курс “Фізико-хімічні основи процесів очищення води” є одним із основних курсів для студентів спеціальності “Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування”, який вивчається на III курсі майбутніми спеціалістами та магістрами.

Мета даної роботи – забезпечення виконання студентами лабораторного практикуму по даному курсу, закріплення теоретичних основ, набуття навиків контролю основних процесів водоочищення, оцінки їх ефективності.

При виконанні лабораторних робіт студенти моделюють складні технологічні процеси водопідготовки.

Основні завдання роботи – допомогти студентам оволодіти не тільки сучасними методами контролю якості природних вод, але й чітко зрозуміти вплив різноманітних технологічних факторів, характеристик води на ефективність процесів водопідготовки, кондиціонування води, їх економічні показники.

В ході виконання лабораторних робіт студенти також набувають навиків виконання науково-дослідних робіт по вибраній спеціальності, проведення наукового пошуку, вміння проаналізувати отримані результати, зробити висновки та розробити рекомендації.

Перед початком роботи студенти повинні обов’язково пройти загальний інструктаж по техніки безпеки.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

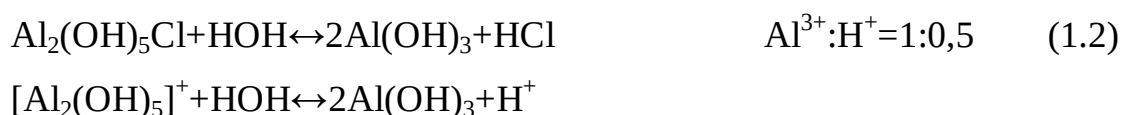
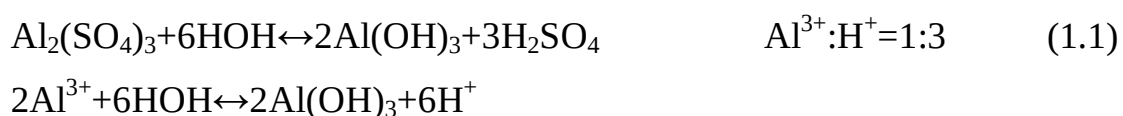
ВИВЧЕННЯ ПРОЦЕСУ КОАГУЛЯЦІЇ

Мета роботи: Вивчення впливу коагулянтів, рН середовища та температури на ефективність освітлення води при відстоюванні.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Коагуляція використовується для очищення природних та промислових стічних вод в основному від забруднюючих речовин, які знаходяться в колоїдному завислому стані. Суть її заключається в тому, що у воду додають речовини – коагулянти. Частіше всього – це солі алюмінію і заліза, а також їх суміші, але можуть використовуватися і солі інших багатозарядних катіонів – магнію, титану. Коагулянти – це солі сильних кислот та слабких основ. Вони гідролізуються з утворенням зольних гідроокисів, які мають розвинену поверхню і які сорбують на ній різні домішки. При цьому часточки збільшуються (коагулюють) і осаджуються разом з колоїдними і завислими речовинами.

Гідроліз сульфату алюмінію, гідроксохлориду алюмінію і хлориду заліза можна представити у вигляді сумарних реакцій:



В рівнянні (1.2) приведено реакцію гідролізу високолужного гідроксохлориду алюмінію, який в якості коагулянту має ряд переваг перед сульфатом алюмінію. Однією з них є те, що він має високу коагуляційну здатність в більш широкому інтервалі рН, так як при одній дозі коагулянту видаляється менша кількість протонів. Гідроксохлорид алюмінію забезпечує утворення великих пластівців, які швидко осаджуються. Завдяки існуванню у своїй структурі хлорид-іонів, гідроксохлорид алюмінію при гідролізі утворює стійкі коагуляційні структури, які не руйнуються при перемішуванні. Крім того, хлориди знижують водоутримуючу здатність часток золю гідроокису, що сприяє коагуляції. Витрата гідроксохлориду алюмінію на 25...30 % нижче при однаковому ефекті очищення в порівнянні з сульфатом алюмінію. Слід зазначити, що використання сульфату алюмінію при високій жорсткості води призводить до відкладення сульфатів кальцію та магнію. Сульфат-іони зв'язуються з катіонами алюмінію в стійкі комплекси, при цьому відбувається велика витрата коагулянту.

У зв'язку з переліченим вище ясно, що гідроксохлорид алюмінію більш перспективний реагент для очищення води, ніж традиційний коагулянт – сульфат алюмінію.

Порівнюючи сульфат алюмінію й хлорид заліза як коагулянти, слід зазначити, що при низьких температурах перший практично не коагулює, тоді як коагулююча здатність хлориду заліза практично не залежить від температури води. Недоліком хлориду заліза є здатність катіонів заліза утворювати кольорові комплекси з деякими органічними лігандами, які присутні у воді. При цьому колірність води збільшується. Використання змішаних коагулянтів дозволяє позбутися недоліків, які мають окремі сполуки, і набути ряд цінних якостей. Оптимальне співвідношення $\text{FeCl}_3 : \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 1 : 1$.

Рідше використовуються солі заліза (II). Недоліком є те, що спільно з ними необхідно вводити у воду окислювачі, частіше всього хлор, який переводить залізо (II) в залізо (III).

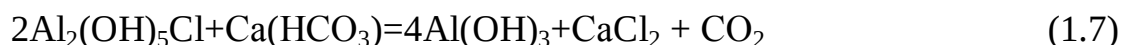
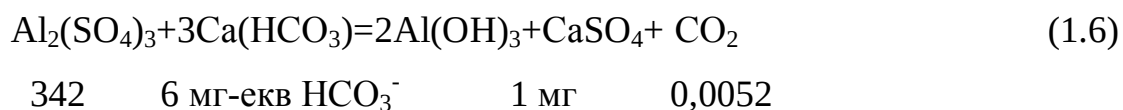
Процес коагуляції та очищення води залежить від слідуючих факторів: природи та дози коагулянту, складу та рН води, температури, іонного складу води.

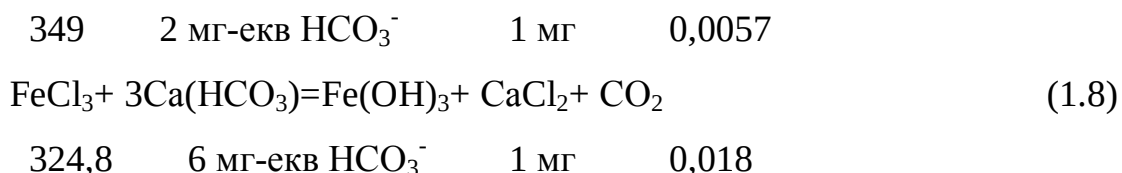
При оптимальній дозі коагулянту досягається максимальне видалення з води забруднюючих речовин і практично повна відсутність залишкової кількості алюмінію і заліза у воді. Існує кілька визначень оптимальної дози коагулянту. За ГОСТ 2874-54 оптимальною дозою D_0 називається мінімальна доза, яка забезпечує прозорість очищеної води 30 см “за шрифтом”.

Як видно з рівнянь (1.1) – (1.3), в процесі гідролізу утворюються іони водню H^+ (іони гідроксонію H_3O^+ або протони) і середовище підкислюється. Для того, щоб забезпечити повний гідроліз коагулянту, необхідно зрушити рівновагу праворуч речовинами, які мають лужний характер $NaOH$, Na_2CO_3 , $Ca(OH)_2$ або іонами CO_3^{2-} та HCO_3^- , які в природних водах виконують роль буферної системи, що дає можливість підтримувати у воді певний інтервал рН. При цьому протони зв’язуються в малодисоційовану воду або малостійкі сполуки вугільної кислоти.



Представимо гідроліз лужних коагулянтів в природній воді слідуючими рівняннями:





Таким чином, при гідролізі 1 мг сульфату алюмінію, гідроксохлориду алюмінію, хлориду заліза на зв'язування H^+ витрачається 0,0052; 0,0057; 0,018 мг-екв іонів HCO_3^- або мг-екв лужності. Тому для практичних цілей при очищенні природних вод лужність води визначається за формулами:

$$\text{Сульфат алюмінію: } L = 0,0052 \cdot D + 1 \quad (1.9)$$

$$\text{Гідроксохлорид алюмінію: } L = 0,0057 \cdot D + 1 \quad (1.10)$$

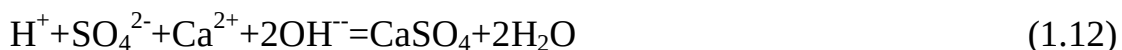
$$\text{Хлорид заліза: } L = 0,018 \cdot D + 1 \quad (1.11),$$

D – доза коагулянту, мг/дм³;

L – лужність води, мг-екв/ дм³;

1 – резервна лужність, мг-екв/ дм³.

При недостатній лужності природної води та її високій каламутності неможливо підібрати оптимальну дозу коагулянту. Тому, щоб підвищити лужність води, проводять її підлужування. Можна використовувати різні лужні реагенти, але частіше всього це суспензія вапна завдяки його широкій розповсюдженості та низької вартості. При використанні сульфату алюмінію вапно зручно ще й тим, що іони кальцію утворюють малорозчинний сульфат. В даному випадку солевміст та жорсткість води не збільшуються:



При коагуляційному очищенні води сполуки алюмінію (солі, гідроксохлорид, алюмінат) слід особливу увагу приділяти рН середовища, так як $\text{Al}(\text{OH})_3$ має амфотерний характер, і в кислому середовищі розчиняється з видаленням Al^{3+} , у лужному середовищі – алюмінат-аніону. І в тому, і в іншому випадку відбувається неповний гідроліз коагулянту і залишається високий вміст алюмінію в очищеній воді.

Ізоелектрична точка коагуляції хімічно чистого $\text{Al}(\text{OH})_3$ в дистильованій воді відповідає $\text{pH} \approx 5,5$ (при цьому розчинність мінімальна і складає $\approx 0,3 \text{ мг/дм}^3$). pH ізоелектричної точки підвищується в природній воді і значно більше залежить від аніонного складу, ніж від катіонного. Так, в природних водах коагуляція колоїду $\text{Al}(\text{OH})_3$, який утворюється в результаті гідролізу $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, відбувається досить добре при $\text{pH} 5,7 \dots 7,8$; в м'яких водах при $\text{pH} 5,7 \dots 6,6$; у водах середньої жорсткості ($12 \dots 17^\circ\text{C}$) – при $\text{pH} 6,6 \dots 7,2$; у водах з високою жорсткістю – при $\text{pH} 7,3 \dots 7,8$. Тому перед проведенням коагуляції необхідно знати склад води для кореляції лужності.

Процес гідролізу багатозарядних катіонів алюмінію та заліза є зворотною реакцією, для якої застосовується емпіричне правило Вант-Гоффа: підвищення температури на кожні 10°C збільшує її швидкість приблизно в $2 \dots 4$ рази:

$$V_t = V_0 \cdot \gamma^{\Delta t / 10} \quad (1.13),$$

γ – температурний коефіцієнт швидкості реакції.

При підвищенні температури знижується ступінь гідратації золю $\text{Al}(\text{OH})_3$, його стійкість та розчинність, що збільшує швидкість утворення та осадження пластівців, покращує якість очищення.

Зниження температури призводить до уповільнення коагуляції внаслідок зниження кінетичної рухливості часток і числа активних зіткнень, а також збільшення в'язкості води. Остання пов'язана з pH рівнянням:

$$- \text{pH} = 0,5 \cdot \lg K_v - \lg \Gamma_v \quad (1.14),$$

K_v – іонний добуток води, $1 \cdot 10^{-14}$;

Γ_v – густина води.

Тому при низьких температурах підвищується в'язкість і збільшується витрата лужного реагенту у зв'язку з ростом оптимального pH коагуляції. Так, зниження температури від 50 до 0°C підвищує pH від

6,63 до 7,47. Оптимальною температурою для коагуляції при використанні сульфату алюмінію є 25...30 °С; зниження температури збільшує дозу коагулянту.

Іноді для визначення оптимальної дози коагулянту використовують емпіричну формулу, в якій враховуються кілька параметрів води: колірність (К), лужність (Л), температура (Т) та залишковий вміст хлору після хлорування:

$$D_K = 0,9 \cdot K + 13,6 \cdot L + 0,4 \cdot T + 0,9[Cl^-] + 4 \quad (1.15)$$

ОБЛАДНАННЯ, ПРИЛАДИ, МАТЕРІАЛИ, РЕАКТИВИ

Обладнання

1. Мірні циліндри ємністю 250 см³.
2. Колби конічні ємністю 250 см³.
3. Піпетки ємністю 1, 2, 3, 10 см³.
4. Мірні колби ємністю 50, 100, 200 см³.

Прилади

1. рН-метр.
2. Термостат.
3. Секундомір.
4. Фотоелектроколориметр.

Реактиви

1. Модельна природна вода.
2. Розчин сульфату алюмінію, 25 г/дм³.
3. Розчин гідроксохлориду алюмінію, 25 г/дм³.
4. Розчин хлориду заліза, 25 г/дм³.
5. Стандартний розчин алюмінію, 0,1 г/дм³ по Al³⁺ (1,758 г KAl(SO₄)₂·12H₂O розчинити в 1 дм³ дистильованої води).

6. Стандартний розчин заліза, $0,1 \text{ г/дм}^3$ по Fe^{3+} ($0,8636 \text{ г NH}_4\text{Fe(SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ розчинити в 1 дм^3 дистильованої води).
7. Розчин соляної кислоти, $0,05\text{N}$;
8. Розчини індикаторів: фенолфталеїну, метилового оранжевого;
9. Розчин лугу $0,1 \text{ N}$.
10. Розчин сульфату амонію, $50 \text{ \%}$ -ий.
11. Розчин індикатора алюмініона.
12. Ацетатний буфер.
13. Розчин аміаку, $10 \text{ \%}$ -ий.
14. Розчин сульфосаліцилової кислоти, $10 \text{ \%}$ -ий.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ ТА ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Визначення оптимальної дози коагулянту

У 5 циліндрів наливають по 250 см^3 води з відомою каламутністю. Потім у циліндри додають мірною піпеткою коагулянт (розчин сульфату алюмінію, гідроксохлориду алюмінію, хлориду заліза) в дозах $0, 10, 25, 50, 100 \text{ мг/дм}^3$), перемішують воду, тричі перекедаючи закриті циліндри. Замічають час введення коагулянту у воду. Відстоюючи воду в циліндрах фіксують час початку утворення пластівців, початок та закінчення осадження, а також вид пластівців (рихлі, великі, дрібні). Через кожні 30 хвилин відбирають проби на аналіз. Визначають каламутність. Через 2 години з кожного циліндру відбирають з допомогою водоструйного насосу 150 см^3 освітленої води для аналізу, визначають залишкову каламутність, залишковий вміст алюмінію або заліза.

Експериментальні дані заносять в табл. 1.1.

На основі отриманих даних будують графіки: залишкова каламутність як функція від дози коагулянту $K=f(D)$; зміна каламутності

від часу $K=f(\tau)$ в залежності від дози коагулянту. Визначають оптимальну дозу коагулянту.

Вплив вихідного значення рН води на процес коагуляції

У вихідній воді визначають каламутність та лужність. Розраховують дозу вапна, виходячи із співвідношень 1,9...1,11. Доза коагулянту – оптимальна, яка була визначена в попередній роботі.

В 4 циліндри наливають по 250 см³ води. Розчином гідроокису кальцію доводять рН води 8,0; 8,5; 9,0; 9,5, перемішують, тричі перекидаючи циліндри, додають коагулянт і знову перемішують. Відмічають час введення коагулянту у воду. Відстоюючи воду в циліндрах, фіксують час початку утворення пластівців, початок та закінчення осадження, а також вид пластівців (рихлі, великі, дрібні). Через кожні 30 хвилин відбирають проби на аналіз. Визначають каламутність.

Через 2 години з кожного циліндру відбирають з допомогою водоструйного насоса 150 см³ освітленої води для аналізу, визначають залишкову каламутність, залишковий вміст алюмінію або заліза. Експериментальні дані заносять в табл. 1.2.

На основі отриманих даних будують графіки: залишкова каламутність як функція від рН середовища $K=f(\text{pH})$; зміна каламутності від часу $K=f(\tau)$ в залежності від рН середовища при оптимальній дозі коагулянту. Визначають оптимальне рН середовища.

Таблиця 1.1 – Вплив дози коагулянту на прояснення води

Показник	Номер циліндру				
Вид коагулянту					
Доза коагулянту, мг/дм ³					
Кількість коагулянту, см ³					

Реакція середовища, рН					
Час початку утворення пластівців, хв					
Час початку осадження пластівців, хв					
Час повного осадження пластівців, хв					
Каламутність води через 30, 60, 90, 120 хв, мг/дм ³					
Залишкова каламутність води, мг/дм ³					
Залишковий вміст алюмінію або заліза, мг/дм ³					

Таблиця 1.2 – Вплив рН на ефективність прояснення води

Показник	Номер циліндру			
	1	2	3	
Вид коагулянту				
рН вихідної води				
Лужність вихідної води, мг-екв/дм ³				
Доза коагулянту, мг/ дм ³				
Кількість коагулянту, см ³				
Кількість лужного реагенту, см ³				
Час початку утворення пластівців, хв				
Час початку осадження пластівців, хв				
Час повного осадження пластівців, хв				
Каламутність проясненої води через 30, 60, 90, 120 хв, мг/дм ³				
рН очищеної води				
Каламутність очищеної води, мг/дм ³				
Залишковий вміст алюмінію або заліза, мг/ дм ³				
Лужність очищеної води, мг-екв/ дм ³				

Залежність коагуляційного очищення води від температури

У вихідній воді визначають каламутність. В 4 циліндри наливають по 250 см³ води. Додають розчин лужного реагенту, який забезпечує максимальне освітлення води, перемішують. В кожний з циліндрів додають коагулянт в оптимальній дозі і перемішують. Три циліндри розміщують в термостаті при температурі 30, 50, 70 °С, один залишають при кімнатній температурі. Проби витримують при даній температурі 30 хвилин.

Після закінчення вказаного часу з термостату циліндри виймаються по одному і через кожні 30 хвилин відбирають проби на аналіз. Визначають каламутність.

Через 2 години з кожного циліндру відбирають з допомогою водоструйного насосу 150 см³ освітленої води для аналізу, визначають залишкову каламутність, лужність, залишковий вміст алюмінію або заліза. Експериментальні дані заносять в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Вплив температури на прояснення води

Показник	Номер циліндру			
Вид коагулянту				
Доза коагулянту, мг/дм ³				
Кількість коагулянту, см ³				
Кількість лужного реагента, см ³				
Температура води, °С				
Вихідна каламутність води, мг/дм ³				
Час початку утворення пластівців, хв				
Час початку осадження пластівців, хв				
Час повного осадження пластівців, хв				
Каламутність води через 30, 60, 90, 120 хв				
Залишкова каламутність води, мг/дм ³				
Залишковий вміст алюмінію або заліза, мг/дм ³				
рН освітленої води				

На основі отриманих даних будують графіки: залишкова каламутність як функція від температури $K=f(T)$; зміна каламутності від часу $K=f(\tau)$ в залежності від температури при оптимальній дозі коагулянту та при оптимальному рН. Визначають оптимальну температуру.

СПОСТЕРЕЖЕННЯ, МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ОЧИЩЕННЯ

Визначення каламутності води фотометричним методом

У кювету переносять достатню кількість перемішаної проби і вимірюють оптичну густину, використовуючи червоний світлофільтр. Каламутність досліджуваної проби оцінюють за калібрувальним графіком.

Визначення залишкового алюмінію

Метод заснований на здатності іону алюмінію утворювати з алюміноном лак помаранчово-червоного кольору, який являє собою комплексну сполуку. Реакція здійснюється в слабнокислому середовищі при рН 4,5...4,65 в присутності сульфату амонію в якості стабілізатора забарвлення. Утворений розчин фотометрують при довжині хвилі 525...540 нм.

Приготування реакційної суміші. Змішують в співвідношенні 1:2:22 об'ємні частки розчинів сульфату амонію, алюмінона и розведеного ацетатного буфера.

Проведення аналізу.

В колбу місткістю 50 см³ заливають 25 см³ проби. Приливають 25 см³ реакційної суміші, розчин перемішують і через 30 хв вимірюють оптичну густину розчину (при 540 нм в кюветі на 30 мм) відносно холостої проби. По градуовальному графіку знаходять концентрацію іонів алюмінію в розчині.

Визначення залишкового заліза

10 см³ розчину, в якому концентрація заліза знаходиться в межах 0,1...1,0 мг/дм³, переносять в колбу на 100 см³ і додають 5 см³ 10 %-го розчину сульфосаліцилової кислоти. Інтенсивно перемішують, додають 5 см³ розчину аміаку (концентрація – 10 %) і добре перемішують. Фотометрують в кюветі на 20 мм при довжині хвилі 410 нм. Для порівняння використовують воду, яка пройшла всі стадії аналізу (відносно

холостої проби). По градуювальному графіку знаходять концентрацію іонів заліза в розчині.

Визначення загальної лужності

Загальна лужність води обумовлена присутністю іонів OH^- , CO_3^{2-} та HCO_3^- . Іони OH^- та CO_3^{2-} титруються соляною кислотою в присутності індикатору фенолфталеїну до рН 8,3. При цьому відбуваються наступні процеси:



Іони HCO_3^- титруються соляною кислотою в присутності індикатора метилового оранжевого до рН 3,6:



Так як в реакції нейтралізації іонів водню, які видаляються при гідролізі, приймають участь іони OH^- , CO_3^{2-} та HCO_3^- , то в роботі визначається загальна лужність по метилоранжу.

До 50 см³ води додають 2...3 краплі розчину фенолфталеїну і титрують 0,05Н розчином соляної кислоти до знебарвлення. Потім додають 2...3 краплі розчину метилоранжу і титрують 0,05Н розчином соляної кислоти до переходу кольору від жовтого до рожевого. Загальну лужність води визначають за формулою:

$$L_{\text{заг}} = (N \cdot V_1 \cdot 1000) / V_2, \text{ мг-екв/дм}^3 \quad (1.19)$$

V_1 – об'єм 0,05Н розчину соляної кислоти, який пішов на титрування, см³;

V_2 – об'єм проби, см³;

N – нормальність розчину соляної кислоти.

ВИСНОВКИ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

ПРОВЕДЕННЯ ПРОБНОГО КОАГУЛЮВАННЯ

Мета роботи: вивчення процесів очищення води коагуляцією та контактною коагуляцією.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Очисні споруди водопроводів призначені для освітлення та знебарвлення води. Для досягнення цієї мети в практиці водоочищення використовують два способи:

- 1) освітлення та часткове знебарвлення без будь-якої попередньої хімічної обробки;
- 2) освітлення та знебарвлення води, яке базується на введенні у воду коагулянтів (сульфату алюмінію, хлориду заліза (III), сульфату заліза (II) та ін.).

Перший спосіб базується на гравітаційному осадженні крупнодисперсних домішок у відстійних спорудах та механічному затриманні завислих речовин при проходженні води через шар зернистого матеріалу. Такий спосіб очищення використовується при незначній колірності та каламутності вихідної води.

При наявності у воді дрібнодисперсних зависі та колоїдів, а також значній каламутності та колірності, необхідна реалізація очищення з використанням коагулянтів, які в результаті гідролізу утворюють малорозчинні гідроокиси металів. В процесі свого формування останні адсорбують забруднення, що знаходяться у воді, і видаляються послідовним осадженням або фільтруванням. Використання коагулянтів дозволяє значно прискорити процес очищення і зменшити розміри очисних споруд. Для успішного та ефективного використання реагентної обробки води необхідно в першу чергу правильно підібрати і встановити дозу

коагулянтів. При нестачі або надлишку коагулянту процес коагуляції протікає неповністю, у воді залишається значна кількість сполук алюмінію, що викликає опалесценцію. Повного очищення води від забруднення не відбувається. Тому визначення оптимальної дози коагулянту є важливим етапом в технологічному аналізі води.

Оптимальною дозою D_0 називається найменша доза коагулянту, яка забезпечує колірність, каламутність та концентрацію залишкового алюмінію або заліза у воді на рівні, який вимагається ГОСТом 2874-82 “Вода питна”. Оптимальну дозу коагулянту підбирають експериментально (для даної якості вихідної води) шляхом проведення пробного коагулювання в лабораторних умовах. Оптимальна доза коагулянту не є величиною постійною і залежить від якості вихідної води, отже, встановлюється в залежності від коливань якості вихідної води.

Процес коагуляції обумовлений гідролізом реагенту до утворення колоїдних агрегатів зі значною поверхневою енергією і високою адсорбційною ємністю. Утворення колоїдних часток може відбуватися як в об’ємі води, так і в товщі фільтруючого матеріалу. У першому випадку відбувається об’ємна, а в другому – контактна коагуляція.

Проведення пробного коагулювання води є необхідною вимогою ефективної роботи всього комплексу очисних споруд. В процесі промислової експлуатації водоочисних споруд визначена в результаті пробного коагулювання оптимальна доза реагенту уточнюється та корегується в сторону зменшення або збільшення. Це пов’язано з різними технологічними параметрами роботи діючих очисних споруд.

Для об’ємного коагулювання: інтенсивність навантаження на відстійні споруди, горизонтальна швидкість руху води (для горизонтальних відстійників), швидкість підймання та сходження (для вертикальних відстійників), висота завислого шару (для освітлювачів з завислим шаром

осаду), гідравлічна крупність пластівців, що утворюються, розміри зони осадження та накопичення осаду та ін.

Для контактного коагулювання: швидкість фільтрування, тип фільтруючої загрузки, висота шару та ступінь забрудненості фільтруючого матеріалу.

Приготування робочих розчинів коагулянту, встановлення їх концентрації, методики необхідних аналізів та технології проведення пробної коагуляції води приведені нижче.

ОБЛАДНАННЯ, ПРИЛАДИ, МАТЕРІАЛИ, РЕАКТИВИ

Прилади та обладнання

1. Флокулятор.
2. Циліндри або скляний посуд ємністю 1 дм³.
3. Скляні воронки;
4. Колби для розчину коагулянту та збирання фільтрату.
5. Мірні піпетки ємністю 1, 2, 3, 10 см³
6. Фільтри паперові “біла стрічка”.
7. Фотоелектроколориметр.
8. Кювети з товщиною шару 3...5 см.

Реактиви та матеріали

1. Модельні розчини
2. Соляна кислота, 0,1Н із стандарт-титру.
3. Фенолфталеїн, 0,5 %-й розчин.
4. Коагулянт (чистий або технічний сульфат алюмінію).
5. Метилоранж (водний розчин).
6. Розчин сульфату амонію, 50 %-ий.
7. Розчин індикатора алюмініона.
8. Ацетатний буфер.

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ ТА ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Приготування розчинів сульфату алюмінію

Приготування 1 %-го розчину сульфату алюмінію з чистого продукту (реактиву)

1 г зневоженого сульфату алюмінію $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ або 1,95 г кристалогідрату $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ розміщують в мірній колбі 100 см³, розчиняють при нагріванні в 30...50 см³ дистильованої води, охолоджують і доводять до мітки дистильованою водою. Встановлювати концентрацію свіжого розчину не потрібно. При тривалому зберіганні його концентрацію перевіряють перед проведенням дослідів.

Приготування 1 %-го розчину сульфату алюмінію з технічного продукту (коагулянту)

Для коагулювання у водопідготовці використовують глинозем – алюміній сульфат технічний очищений, ГОСТ 12966-85. В залежності від ступеню очищення алюмомісткий коагулянт може містити від 30 до 40 % сульфату алюмінію. Тому після приготування розчину коагулянту з технічного продукту необхідно встановити його концентрацію.

5 г коагулянту розчинюють в 100 см³ підігрітої води. При злежуванні коагулянту (утворення твердих грудок) його перед зважуванням розтирають у фарфоровій ступці. Після повного розчинення концентрацію розчину, що утворився, визначають об'ємним титруванням або по густині розчину.

Визначення характеристик вихідної води

Визначають каламутність, лужність, колірність вихідної води. Визначення проводять у відповідності з існуючими методиками ГОСТ 2874-82 “Вода питна”. Методики визначення каламутності, лужності та

концентрації залишкового алюмінію води приведено в лабораторній роботі №1.

Визначення дози коагулянту при об'ємному освітленні води

Для орієнтовних розрахунків доза коагулянту – зневодненого сульфату алюмінію, хлориду заліза (III) або сульфату заліза (II), мг/дм³, може бути визначена для кольорових вод за формулою:

$$D=4\sqrt{K} \quad (2.1),$$

K – кольоровість води, град

У шість циліндрів (склянок) заливають по 1 дм³ води. Потім в циліндри додають різні кількості мілілітрів розчину коагулянту для отримання різних його доз в діапазоні, що включає припущену оптимальну дозу. і встановлюють в них мішалки флокулятора. В табл. 2.2 представлено розрахункові дані, які пов'язують задану дозу коагулянту з кількістю (см³) введеного в 1 дм³ води 1 %-го розчину реагенту.

Таблиця 2.1 – Залежність дози коагулянту від об'єму внесеного 1 %-го реагенту

Кількість 1 %-го розчину коагулянту, см ³	---	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Задана доза коагулянту, мг/дм ³	---	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Флокулятор вмикають в роботу і вода перемішується. Перемішування здійснюється зі швидкістю 60 об/хв. Суміші, які знаходяться у всіх циліндрах перемішують мішалкою флокулятору протягом 15...17 хв, модулюючи тим самим роботу промислового змішувача перегородчастого типу. Після цього флокулятор виключають і проби залишають для відстоювання. Спостереження за процесом утворення пластівців починається після введення реагенту, час початку пластівціутворення відмічається у робочому журналі. Відстоюючи воду в циліндрах фіксують

час початку утворення пластівців, початок та закінчення осадження, а також вид пластівців (рихлі, великі, дрібні).

Через кожні 30 хвилин відбирають проби на аналіз. Визначають каламутність води. Через 2 години з кожного циліндру відбирають з допомогою водоструйного насоса 150 см³ проясненої води для аналізу.

У відібраних пробах визначають каламутність, колірність, залишковий вміст алюмінію та лужність. Визначення проводять у відповідності з існуючими методиками ГОСТ 2874-82 “Вода питна”.

За отриманими даними визначають найменшу (оптимальну) дозу зневодненого сульфату алюмінію, яка зменшила каламутність, колірність та залишковий алюміній до потрібних меж. Оптимальною вважають дозу коагулянту, яка забезпечує зниження колірності до 15...18 град. при вмісті залишкового алюмінію не більше 0,5 мг/дм³ (ГОСТ 2874-82). Каламутність води може незначно перевищувати величину 1,5 мг/дм³ (ГОСТ 2874-82), так як передбачається її зниження на фільтрувальних спорудах.

Розраховану оптимальну дозу глинозему сірчаноокислого (коагулянту товарного) в мг/дм³ визначають за формулою:

$$D_{\text{гл}} = \frac{29,8 \cdot a}{B} \quad (2.2),$$

a – оптимальна доза коагулянту по $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, яку визначено в результаті дослідів, мг/дм³;

B – вміст Al_2O_3 в глиноземі сірчаноокислому, %.

Визначення дози коагулянту при контактному проясненні води

Пробну контактну коагуляцію проводять в лабораторних умовах з метою визначення оптимальних доз коагулянту для даної якості води. Визначення проводять зразу ж або не пізніше 1 години після забору проб вихідної води при температурі, яка відповідає промисловим умовам. Перед проведенням досліджень пробу ретельно перемішують.

В циліндри або склянки заливають по 1 дм³ води, потім по чергово в приготівлені проби з допомогою мірної піпетки вводять певну кількість мілілітрів 1 %-го розчину коагулянту, що відповідає припущеному діапазону доз. В табл. 2.2 представлено розрахункові дані, які пов'язують задану дозу коагулянту з кількістю (в см³) введеного у воду 1 %-го розчину реагенту.

Таблиця 2.2 – Співвідношення дози коагулянту з кількістю розчину

Кількість 1 %-го розчину коагулянту, см ³	---	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Задана доза коагулянту, мг/дм ³	---	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Після введення коагулянту суміш зразу ж ретельно перемішують і зразу фільтрують через промиті дистильованою водою паперові фільтри “біла стрічка”. Перші порції фільтрату (30...50 см³) зливають, решту фільтрату (70...200 см³) збирають в колбу і аналізують. Теж саме роблять з другою та іншими пробами.

У фільтратах, які відповідають певним дозам коагулянту, визначають каламутність (при знебарвленні – кольоровість), вміст залишкового алюмінію та лужність (якщо треба).

СПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ

При об'ємному проясненні води результати оформлюють у вигляді графіків: залишкова каламутність як функція від дози коагулянту $K=f(D)$; зміна каламутності від часу $K=f(\tau)$ в залежності від дози коагулянту, залишкова колірність як функція від дози коагулянту $K_{\text{ол}}=f(D)$; Визначають оптимальну дозу коагулянту.

При контактному проясненні води результати виражають у вигляді графіків залишкова каламутність як функція від дози коагулянту $K=f(D)$; залишкова колірність як функція від дози коагулянту $K_{\text{ол}}=f(D)$.

За отриманими даними визначають порогову дозу коагулянту (початок ділянки кривої, на якій якість фільтрату практично не залежить від дози коагулянту). Оптимальною вважається доза коагулянту, яка забезпечує зниження каламутності вихідної води до $1,0 \dots 1,2$ мг/дм³ (колірність 15...18 град). Вміст залишкового алюмінію при цьому не повинен перевищувати нормативних вимог $0,5$ мг/дм³ (ГОСТ 2874-82).

Якщо після введення коагулянту та перемішування (до фільтрування) в об'ємі води вже утворилися пластівці гідроокису алюмінію, експеримент треба повторити.

Слід зазначити, що при експлуатації дозу коагулянту визначають помноженням отриманої оптимальної дози на коефіцієнт запасу $1,1 \dots 1,15$.

Проведення пробного коагулювання і визначення оптимальної дози коагулянту в лабораторних умовах є необхідною і обов'язковою умовою правильної експлуатації реагентного контактного освітлення води.

Визначення всіх показників якості води, яка оброблена коагулянтном проводять за ГОСТом 2874-82 "Вода питна".

Визначення колірності води фотометричним методом

При визначенні колірності за допомогою електрофотоколориметра використовують кювети з товщиною шару, що поглинає світло $5 \dots 10$ см. Контрольною рідиною є дистильована вода. З проби видаляються завислі речовини шляхом фільтрування через паперовий фільтр «синя стрічка». Оптична густина проби вимірюється в синій частини спектру зі світлофільтром при $\lambda - 413$ нм. Кольорність визначають по градуовальному графіку в градусах кольорності.

ВИСНОВКИ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ ТА ХАРАКТЕРИСТИЧНОЇ В'ЯЗКОСТІ ФЛОКУЛЯНТУ

Мета роботи: визначення в'язкості розчинів флокулянтів за допомогою капілярного віскозиметру.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

В'ЯЗКІСТЬ – властивість газів і рідин чинити опір незворотньому переміщенню однієї їхньої частини щодо іншої при зрушенні, розтяганні та інших видах деформації. В'язкість характеризують інтенсивністю роботи, що витрачається на здійснення течії у рідині з певною швидкістю. При ламінарному зсувному плинні рідини між двома площиннопаралельними пластинками, верхня з яких рухається з постійною швидкістю v під дією сили F , а нижня – нерухома, шари рідини переміщуються з різними швидкостями – від максимальної у верхній пластинці до нуля у нижній (рис. 3.1).

При цьому дотичне напруження:

$$\tau = F/S \quad (3.1)$$

швидкість деформації:

$$\dot{\gamma} = v/H \quad (3.2)$$

S – площа пластинок, m^2 , H – відстань між ними, m .

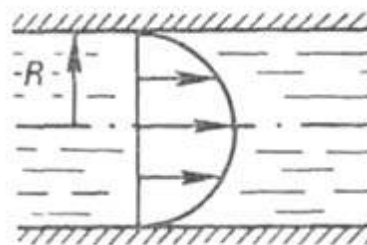
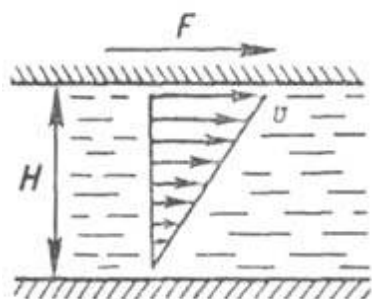
Якщо між τ і $\dot{\gamma}$ є лінійна залежність, рідина називається ньютонівською; відношення $\tau/\dot{\gamma}$ називається **динамічною в'язкістю** (або просто в'язкістю) η . Величину, що відповідає відношенню в'язкості речовини до його густини, називають **кінематичною в'язкістю**, зворотню в'язкості величину – називають **текучістю**.

У загальному випадку просторової течії для ньютонівських рідин має місце лінійна залежність між тензорами напруг і швидкостей деформації.

Рідини, для яких зазначені залежності не є лінійними, називаються неньютонівськими.

У системі СІ значення в'язкості η виражають у Па·с. Для газів η становить зазвичай від 1 до 100 мкПа·с, для води при 20°C 1 мПа·с, для більшості низькомолекулярних рідин до 10 Па·с. Розплавлені метали за порядком величини η близькі до звичайних рідин.

В'язкість низькомолекулярних рідин, які відносяться до одного гомологічного ряду, приблизно лінійно росте зі збільшенням молекулярної маси речовини. Вона збільшується також із введенням у молекулу циклів або полярних груп. В'язкість розведених суспензій і емульсій лінійно зростає зі збільшенням відносного об'єму дисперсної фази. В'язкість розчинів і розплавів полімерів досягає 0,1 МПа·с, каучуків і гумових сумішей, бітумів і асфальтів - 100 МПа·с. На відміну від низькомолекулярних гомологів, в'язкість полімерів росте пропорційно їх молекулярній масі не лінійно, а в ступені 3,5, тобто набагато сильніше.



а)

б)

Рисунок 3.1 – Розподіл швидкостей при ламінарному зсуві течії ньютонівської рідини між пластинами (а), розподіл швидкостей при ламінарній течії рідини у каналі (б).

В'язкість рідин з підвищенням температури зменшується завдяки зниженню енергії міжмолекулярної взаємодії, що перешкоджає переміщенню молекул. В уявленнях теорії вільного об'єму встановлено

кількісну відповідність між збільшенням вільного об'єму рідин і її в'язкості з ростом температури.

Зі збільшенням тиску в'язкість завжди зростає. При ламінарній течії ньютонівської рідини у каналі профіль швидкостей виявляється параболічним (рис. 3.1 б), і в'язкість виражається через перепад тиску ΔP , необхідний для створення певної об'ємної витрати Q :

$$h = \frac{p \cdot R^4 \cdot \Delta P}{8 \cdot Z \cdot Q} \quad (3.3)$$

R – радіус, м, Z - довжина каналу, м (формула Гагена-Пуазейля).

Для багатьох розплавів, розчинів полімерів і колоїдних систем, на відміну від низькомолекулярних рідин, в'язкість залежить від режиму течії (тобто від $\dot{\gamma}$ або τ). Тому для характеристики таких середовищ необхідно вказувати умови виміру в'язкості (значення $\dot{\gamma}$ або τ). Розрізняють:

1. Найбільшу ньютонівську в'язкість (або в'язкість незруйнованої структури), що відповідає гранично низьким τ ;
2. Ефективну (або "структурну") в'язкість, що залежить від рівня діючих у середовищі напруг;
3. Найменшу ньютонівську в'язкість (або в'язкість гранично зруйнованої структури), що вимірюється при найбільш інтенсивному режимі деформування, коли в'язкість перестає залежати від τ .

Значенням в'язкості характеризують перехід рідин, що не кристалізуються (переохолоджених), з текучого в склоподібний стан при охолодженні. Температуру, при якій в'язкість досягає 10^{11} - 10^{12} Па·с, умовно приймають за температуру скловання. Властивості розведених розчинів полімерів оцінюють, так званою, характеристичною в'язкістю ("граничним числом в'язкості"), що визначається як:

$$[\eta] = \lim_{C \rightarrow 0} \frac{h - h_s}{h_s \cdot C} \quad (3.4)$$

η_s – в'язкість розчинника, Па·с; η – в'язкість розчину, Па·с; C - концентрація розчину, кг/м³.

Величина η пов'язана з розмірами та формою макромолекул у розчині й використовується для визначення їх середньої молекулярної маси.

Внаслідок високої чутливості в'язкості рідин до молекулярної маси та будови молекул, її вимір є основою фізико-хімічних методів аналізу і контролю технологічних процесів. Значення в'язкості середовища обумовлюють потужність мішалок, насосів і т.п., що впливають на швидкість тепло- і масопереносу. Температурна залежність в'язкості - найважливіша характеристика нафтопродуктів, особливо мастильних матеріалів.

ВІСКОЗИМЕТРІЯ (від лат. viscosus - клейкий, грузлий і греч. metred - вимірюю) - сукупність методів вимірювання в'язкості рідин і газів. Віскозиметрія ґрунтується на двох експериментальних принципах:

- вимірюється опір руху, обумовлений в'язкістю середовища при протіканні досліджуваної речовини в каналі тієї або іншої геометричної форми,
- вимірюється опір руху, при пересуванні твердого тіла у середовищі, в'язкість якого визначають.

Найпоширенішими є капілярна, ротаційна, вібраційна віскозиметрії, метод кульки, що падає, пенетрація та пластометрія.

Прилади для вимірювання в'язкості називають віскозиметрами. Зазвичай використовують капілярні, ротаційні та кулькові віскозиметри. Найпоширеніші капілярні віскозиметри застосовують для визначення в'язкості неструктурованих і слабкоструктурованих рідин. Основним елементом цих віскозиметрів є капіляр. Визначення в'язкості проводять шляхом вимірювання часу t перетікання рідини від мітки а до мітки б. Напруга деформації може задаватися ззовні шляхом приєднання штуцера

до моностату, в якому створюється тиск (або розрідження) P_m . Рідина може пересуватися також під дією гідростатичного тиску:

$$P_r = r \cdot g \cdot h \quad (3.5)$$

r – щільність рідини, кг/м^3 ; g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ; h – середня відстань між рівнями рідини у резервуарах А и В, м (рис. 3.2).

В'язкість розраховують по рівнянню Пуазейля:

$$V = \frac{\pi r^4 P}{8 \eta l} t \quad (3.6)$$

V – об'єм рідини, м^3 , що витікає з капіляра за час t , с; P – тиск, під дією якого рідина тече, Па; r – радіус капіляра, м; l – довжина капіляра, м; η – в'язкість рідини, $\text{Па} \cdot \text{с}$.

У капілярному віскозиметрі об'єм рідини у резервуарі завжди постійний, тому рівняння (3.6) приводять до виду:

$$\frac{1}{t} = K \frac{P}{\eta} \quad (3.7)$$

K – постійна віскозиметра, що знаходять при використанні стандартної ньютонівської рідини.

ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ, РЕАКТИВИ ТА МАТЕРІАЛИ

Прилади та обладнання

1. Віскозиметр капілярний.
2. Магнітна мішалка.
3. Термостат.
4. Секундомір.
5. Електрична плитка.
6. Хімічний посуд.

Реактиви та матеріали

1. Флокулянти (поліакриламід).

Схема лабораторної установки

При визначенні в'язкості в широке коліно А U-подібної трубки наливають рідину, якою потім заповнюють вузьку частину В вище мітки 1. Рідині дають вільно витекти, при цьому відмічають по секундоміру час проходження від мітки 1 до мітки 2.

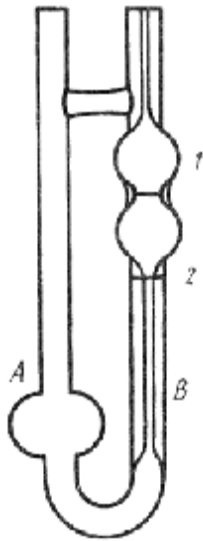


Рисунок 3.2 – Схема капілярного віскозиметру

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Готують розчини флокулянтів з концентрацією 0,001...0,05 %. Для цього наважку флокулянту масою 0,1 г розчиняють в 100 см³ теплої дистильованої води при перемішуванні протягом 1 години.

Після повного розчинення флокулянту, стакан з розчином розміщують під віскозиметричною піпеткою, так щоб кінець віскозиметричної піпетки був занурений в розчин на 1...1,5 см. Потім, за допомогою груші засмоктують розчин до половини верхньої кульки віскозиметричної піпетки. Заповнену віскозиметричну піпетку витримують в термостаті при температурі 20 °С протягом 5 хв. Після цього вимірюють час перетікання розчину між мітками за допомогою секундоміру. Вимірювання повторюють, використовуючи розчини розведені в 2; 5 та 10 разів.

ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ

Таблиця 3.1 - Результати визначення динамічної в'язкості

№ п/п	Марка флокулянту	Конц. флокулянту, С, мг/дм ³	Час витікання, с	Динамічна в'язкість розчину, η , Па·с

В'язкість розраховують по рівнянню Пуазейля:

$$V = \frac{\pi r^4 P}{8 \eta l} t$$

$$\eta = K \cdot P \cdot t$$

V – об'єм рідини, м³, що витікає з капіляра за час t , с; P – тиск, під дією якого рідина тече, Па; r – радіус капіляра, м; l – довжина капіляра, м.

Після визначення динамічної в'язкості будують залежність динамічної в'язкості від концентрації флокулянту ($\eta = f(C)$).

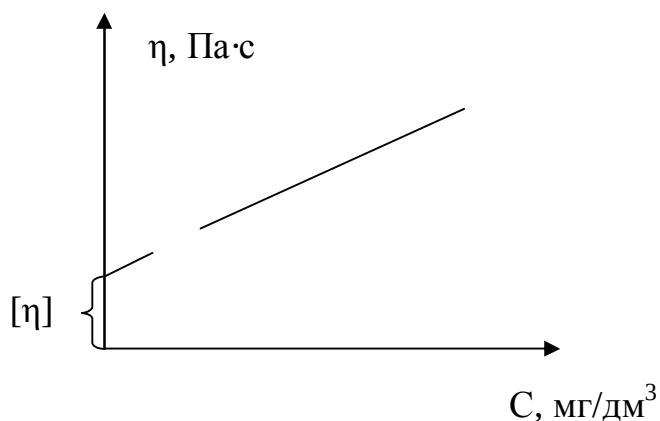


Рисунок 3.3 – Залежність динамічної в'язкості розчину флокулянту від його концентрації (відрізок $[\eta]$ – характеристична в'язкість флокулянту).

Продовженням лінії до точки перетину з координатою η визначають характеристичну в'язкість $[\eta]$.

ВИСНОВКИ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

ВИЗНАЧЕННЯ МОЛЕКУЛЯРНОЇ МАСИ ФЛОКУЛЯНТІВ

Мета роботи: визначення молекулярної маси віскозиметричним методом.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Склад та будова макромолекул залежать не тільки від хімічного складу і будови мономеру, але й від способу синтезу полімерів. При цьому як в ланцюгових, так і в ступінчастих процесах синтезу неможливо уявити собі випадок, коли всі молекули, що утворюються, мали б однакову ступінь полімеризації, тобто однакову молекулярну масу. Полімери зазвичай складаються з молекул різного розміру, тому значення молекулярної маси полімеру, яке визначене за допомогою того чи іншого методу, є середньою величиною.

Розрізняють **середньочислову** та **середньомасову** молекулярну масу. До середньочислових відносять методи, які базуються на визначенні числа молекул в розведених розчинах полімерів:

- зниження температури замерзання розчину (кріоскопія),
- підвищення температури кипіння розчину (ебуліоскопія),
- визначення числа кінцевих груп в макромолекулах,
- вимірювання осмотичного тиску розчину.

Значення середньочислової молекулярної маси M_n , яке отримано при цих вимірюваннях, являє собою сумарну масу всіх молекул в зразку полімеру (W), віднесену до числа молекул (N_i), із середньостатистичною масою (M_i):

$$M_n = \frac{W}{N_i} \quad (4.1)$$

До середньомасових відносять методи визначення молекулярної маси, які ґрунтуються на встановленні маси окремих макромолекул:

- вимірювання швидкості седиментації,
- швидкості дифузії,
- світлорозсіювання в розчинах полімерів.

Для розрахунку середньомасового значення молекулярної маси (M_w) необхідно знати частку даної молекулярної маси в загальній молекулярній масі. Загальна молекулярна маса складає $\sum N_i \cdot M_i$, тобто частка кожної молекулярної маси X_i дорівнює:

$$X_i = \frac{N_i \cdot M_i}{\sum (N_i \cdot M_i)} \quad (4.2)$$

Якщо значення кожної молекулярної маси помножити на його частку і скласти ці добутки, то отримане значення молекулярної маси називається середньомасовим:

$$M_w = \sum (X_i \cdot M_i) \quad (4.3) \text{ або}$$

$$M_w = \frac{\sum (N_i \cdot M_i)^2}{\sum (N_i \cdot M_i)} \quad (4.4),$$

N_i – кількість молекул з молекулярною масою M_i .

Близька до середньомасового значення середньов'язкісна молекулярна маса, яка визначається вимірюванням в'язкості розведених розчинів.

У випадку, якщо полімер складається з одної фракції з дуже близькими один до одного розмірами молекул ($M_n = M_w$), даний полімер називається монодисперсним. В усіх інших випадках ($M_n > M_w$ і $M_n/M_w > 1$) є мірою полідисперсності полімеру. Зазвичай на кривій молекулярно-масового розподілу полімеру значення M_n приходить на максимум, тобто на фракцію, частка якої в складі полімеру найбільша, а значення M_w зміщене вправо по осі абсцис.

В будь-якому зразку полімеру присутні разом макромолекули різних розмірів, тобто будь-який полімер неоднорідний за молекулярною масою. Полімолекулярність або полідисперсність полімерів закладена вже в самому характері процесів синтезу.

Також полімер може бути охарактеризований типом розподілу по молекулярним масам, тобто по молекулярно-масовому розподілу (ММР). ММР полімеру впливає на його фізико-механічні властивості. Підвищений вміст високомолекулярних фракцій в полімері надає йому більше міцності, підвищену твердість та температуростійкість.

Віскозиметричний метод – найбільш простий і доступний метод визначення молекулярної маси полімерів в широкому діапазоні значень молекулярних мас. Цей метод є опосередкованим і потребує визначення констант в рівнянні, яке виражає залежність в'язкості від молекулярних мас.

Для визначення в'язкості розчину полімеру вимірюють час витікання рівних об'ємів розчинника і розчину через капіляр віскозиметра при постійній температурі. Концентрацію розчину (С) зазвичай виражають в грамах на 100 см³ розчинника, для вимірювання в'язкості використовуються розчини з концентрацією менше 1 г на 100 см³.

Відносна в'язкість $\eta_{від}$ представляє собою відношення часу витікання розчину (t) до часу витікання розчинника (t₀):

$$h_{від} = \frac{t}{t_0} \quad (4.5)$$

Питома в'язкість $\eta_{пит}$ називають відношення різниці в'язкості розчину і розчинника до в'язкості розчинника :

$$h_{пит} = \frac{t - t_0}{t_0} = h_{від} - 1 \quad (4.6)$$

Приведеною в'язкістю ($\eta_{пр}$) називають відношення питомої в'язкості розчину полімеру до його концентрації (С):

$$h_{np} = \frac{h_{\text{пит}}}{C} \quad (4.7)$$

Характеристичною в'язкістю $[\eta]$ називають граничне значення відношення $\frac{h_{\text{num}}}{C}$ (або $\frac{\ln h_{\text{від}}}{C}$) при концентрації розчину, що наближається до нуля.

$$[\eta] = \lim_{C \rightarrow 0} \frac{h - h_s}{h_s \cdot C} \quad (4.8)$$

Характеристичну в'язкість $[\eta]$ визначають шляхом графічної екстраполяції значень $\frac{h_{\text{num}}}{C}$ (або $\frac{\ln h_{\text{від}}}{C}$), які були отримані для декількох концентрацій, що наближаються до концентрації рівній нулю.

Відносна та питома в'язкість – безрозмірні величини, а приведена та характеристична в'язкості мають розмірності, зворотні концентраціям.

Для розчинів високомолекулярних сполук Штаудингером встановлена залежність в'язкості від величини молекулярної маси та форми макромолекул. Якщо зробити припущення, що всі макромолекули в розчині мають витягнуту лінійну форму (тоді їх діаметр незрівнянно малий в порівнянні з довжиною) і що сферою дії макромолекул є циліндр висотою, яка дорівнює довжині молекули, і діаметром, що дорівнює діаметру молекули, то зазначена залежність виражається рівнянням:

$$M = \frac{1}{K'} \cdot \frac{h_{\text{num}}}{C} \quad (4.9),$$

K' – константа, яка характерна для даного полімеру гомологічного ряду;

M – середня молекулярна маса полімеру.

Зроблені припущення в реальних системах не витримуються. Однак з огляду простоти експерименту (визначення тільки в'язкості розчину

полімеру) даний метод визначення молекулярної маси отримав розповсюдження.

В даний час для визначення молекулярної маси користуються нелінійним рівнянням Марка-Хувінка, яке виражає залежність характеристичної в'язкості від молекулярної маси:

$$[\eta] = K \cdot M^a \quad (4.10),$$

K і a – константи для даної системи полімер-розчинник при визначеній температурі.

Зазвичай в залежності від природи розчинника величина a , яка визначає ступінь згорнутості макромолекули, коливається в межах 0,5...0,8.

ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ, РЕАКТИВИ ТА МАТЕРІАЛИ

Прилади та обладнання

1. Віскозиметр капілярний.
2. Піпетка на 5 см³.
3. Термостат.
4. Секундомір.
5. Електрична плитка.
6. Хімічний посуд.

Реактиви та матеріали

1. Флокулянти: поліакриламід, карбоксиметилцелюлоза, Magnafloc 156 (молекулярна маса до 20 млн.)
2. Розчинники: 2 %, 6 %, 10 %-ий розчин NaCl.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Для вимірювання в'язкості розведених розчинів застосовують капілярні віскозиметри Оствальда і Уббелоде.

У віскозиметр через скляний фільтр наливають 10 см^3 розчинника, встановлюють віскозиметр в термостат і витримують при заданій температурі визначення 10...15 хвилин.

До капілярної трубки віскозиметра приєднують гумову грушу, тричі промивають капіляр і вимірювальну кульку, всмоктуючи рідину на 1 см вище верхньої позначки. Після цього знову заповнюють капіляр і вимірювальну кульку, фіксують по секундоміру час витікання розчинника від верхньої до нижньої позначки вимірювальної кульки. Час витікання визначають не менше п'яти разів і беруть середнє значення. Якщо результати вимірювань відрізняються більш ніж на 0,2 с, їх відкидають і відповідно збільшують число вимірювань. Час витікання розчинника повинен складати приблизно 100 с.

Визначивши час витікання чистого розчинника $t_{0\text{поч}}$, зливають розчинник через широку трубку віскозиметра, видавлюючи його з капіляру за допомогою груші, а потім видаляють залишки розчинника.

В сухий віскозиметр потім вносять піпеткою 10 см^3 розчину полімеру, визначеної концентрації і знову розміщують віскозиметр у термостат. Після термостатування протягом 15 хвилин промивають капіляр і вимірювальну кульку вказаним вище способом і вимірюють час витікання розчину t_1 .

Якщо відносна в'язкість ($\eta_{\text{від}}$) вихідного розчину буде суттєво вища 1,5, то розчин розводять у віскозиметрі, додаючи піпеткою визначену кількість розчинника. Якщо відносна в'язкість ($\eta_{\text{від}}$) вихідного розчину буде суттєво нижча 1,5, то готують новий, більш концентрований розчин. При цьому відносна в'язкість ($\eta_{\text{від}}$) найбільш розведеного розчину не повинна бути менше 1,1.

Таким чином, підібравши концентрації розчинів полімерів, вимірюють час витікання (t_1, t_2, t_3, t_4, t_5) розчинів полімерів з різними концентраціями

(C_1, C_2, C_3, C_4, C_5). Для розчину кожної концентрації проводять 5 вимірювань і визначають середнє значення.

По закінченні вимірювання розчин виливають з віскозиметра. Потім 2-3 рази промивають розчинником капіляр і вимірну кульку віскозиметра, після чого перевіряють час витікання розчинника $t_{0\text{кін}}$. Середнє значення t_0 повинно повторюватися з точністю до 0,2...0,3 с. В іншому випадку час витікання розчинів треба визначити повторно після очищення віскозиметра. Результати заносять до табл. 4.1.

ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ

Таблиця 4.1 – Час витікання розчинів полімерів

Час витікання розчинів полімерів різних концентрацій, с						
$C_0, \text{г/100 см}^3$	$C_1,$	$C_2,$	C_3	C_4	C_5	C_0
$t_0 \text{ поч}$	t_1	t_2	t_3	t_4	t_5	$t_0 \text{ кін}$

На основі отриманих даних знаходять відносну, питому, приведену в'язкість, логарифмічну приведену в'язкість і заносять до табл. 4.2.

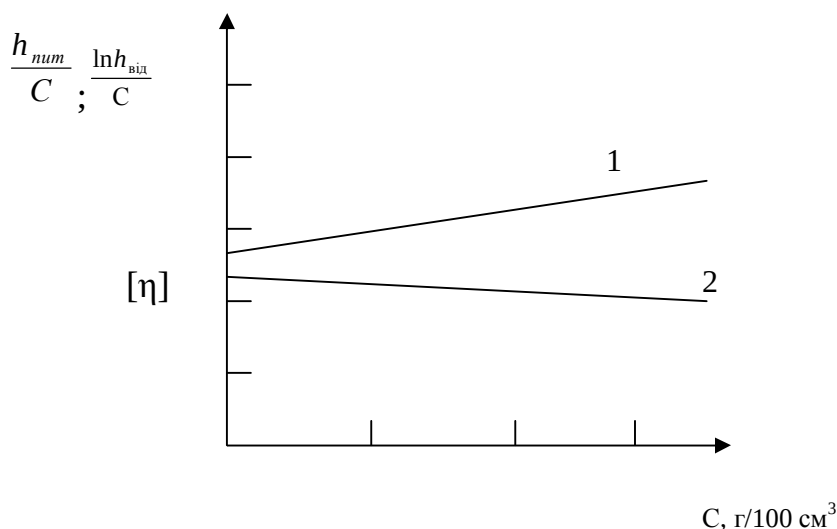
Таблиця 4.2 – Значення в'язкості розчинів полімерів

$C, \text{г/100 см}^3$	$t, \text{с}$	$\eta_{\text{від}}$	$\eta_{\text{пит}}$	$\frac{h_{\text{нум}}}{C}$	$\frac{\ln h_{\text{від}}}{C}$

На основі даних табл. 4.2 будують залежності:

- приведена в'язкість ($\eta_{\text{пр}}$) від концентрації розчину полімеру
 $\eta_{\text{пр}}=f(C),$
- характеристична в'язкість $\frac{\ln h_{\text{від}}}{C}$ від концентрації розчину полімеру $\frac{\ln h_{\text{від}}}{C}=f(C).$

Значення $[\eta]$ отримують екстраполяцією прямих до нульової концентрації. Через похибки вимірювання прямі можуть пересікти вісь ординат в двох точках. В цьому випадку величину визначають як середню з двох отриманих значень (рис. 4.1).



1 – приведена в'язкість ($\eta_{пр} = \frac{h_{num}}{C}$), 2 – характеристична в'язкість ($[\eta] = \frac{\ln h_{вд}}{C}$)

Рисунок 4.1 - Визначення характеристичної в'язкості

Після визначення характеристичної в'язкості $[\eta]$ розраховують молекулярну масу полімеру за формулою Марка-Хаувінка (4.10). Значення констант приведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Константи К та α в рівнянні Марка-Хаувінка-Флори

Полімер	Розчинник	Температура, °C	$K \cdot 10^4$	α
Поліакриламід	10 % NaCl	25	2,5	0,7
Карбоксиметилцелюлоза	2 % NaCl	25	0,23	1,28
	6 % NaCl	25	7,3	0,93

Для флокулянтів з відомою молекулярною масою визначають константи.

ВИСНОВКИ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

ОСВІТЛЕННЯ ВОДИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ФЛОКУЛЯНТІВ

Мета роботи: Ознайомитись з методами освітлення води з допомогою флокулянтів.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Вміст завислих речовин в очищеній воді суттєво впливає на ступінь використання її в оборотних циклах. Ступінь очищення води від завислих речовин залежить від:

- характеристик води;
- типу і дози реагентів, які використовуються при її освітленні;
- порядку використання даних реагентів;
- часу освітлення води;
- брудомісткості фільтрів, котрі використовуються для доочищення води.

Для освітлення води використовуються коагулянти та флокулянти.

Флокулянти – високомолекулярні сполуки, які використовуються для інтенсифікації процесів очищення води та зневоднення осадів.

Дані реагенти підвищують ефективність укрупнення осадів, а також покращують водовіддачу осадів за рахунок процесів флокуляції, тобто за рахунок укрупнення твердих часток за допомогою макромолекул флокулянтів.

Флокулянти поділяють на неорганічні, органічні, природні і синтетичні.

Неорганічні флокулянти, частіше за все, представлені різними формами активованої кремнієвої кислоти.

Органічні речовини, які використовуються в якості флокулянтів, можуть бути природного походження або синтетичні.

До *природних* флокулянтів відносяться різноманітні полісахариди, такі як крохмалі, модифіковані целюлози, гуарові смоли, хітозани і т.п. речовини. А також використовують лігносульфонати, гумінові кислоти, білки та інші речовини.

Частіше за все в процесах водоочищення та обробки гідрофільних осадів використовують високомолекулярні *синтетичні* флокулянти. До них відносяться різноманітні полімерні речовини, розчинні у воді. Як правило, це речовини з молекулярною масою $1 \cdot 10^4 \dots 1 \cdot 10^7$ в.о.

Будь-які флокулянти, в тому числі і синтетичні, поділяють на: катіонні, аніонні і неіонні.

Катіонні – ті флокулянти, в структуру яких входять катіонні групи, частіше за все, це амінні чи амонійні групи. До них відносять поліаміни, поліамонійні солі, включаючи і пірідинієві сполуки.

Аніонні – флокулянти, в структуру яких включені аніонні групи, такі як карбоксильні, сульфонові, сульфатні, фосфатні і т.п. групи. Частіше за все аніонними флокулянтами є полікарбонові кислоти, полісульфати та полісульфонати, фосфоровані полісахариди, карбоксицелюлоза і т.п. речовини.

Неіонні – флокулянти, які не містять функціональних груп, здатних до дисоціації у воді з утворенням іонів. До неіоногенних флокулянтів відносяться поліспирти, поліаміди, поліефіри.

Більшість флокулянтів мають лінійну структуру макромолекул. Розгалуджені структури характерні для активної кремнієвої кислоти, амінопектину та деяких синтетичних флокулянтів – поліетиленіліну та заміщених біля азоту поліакриламідів.

Внаслідок руху та обертання окремих ланок форма та розміри макромолекул безперервно змінюються, тому можна говорити лише про найбільш вірогідну статистичну характеристику.

Як правило, при зниженні концентрації флокулянту відбувається розгортання молекули із клубка в лінійну структуру. Особливо це характерно для катіонних або аніонних флокулянтів. У випадку цих речовин заряджені ділянки молекули, які мають однаковий по знаку заряд, відштовхуються між собою, що спричиняє розгортання молекули і наближення її до лінійної структури. Цей ефект посилюється із підвищенням ступеню іонізації іоногенних груп.

Підвищення ступеню дисоціації іоногенних груп відбувається при зниженні концентрації розчину та із зменшенням кількості іоногенних груп в полімерній молекулі.

Особливістю поліелектролітів є непостійність константи дисоціації, яка поступово зменшується по мірі збільшення в макромолекулі кількості груп, здатних до дисоціації. Зменшення константи дисоціації викликано тим, що вже іонізовані групи та хмара протиіонів перешкоджають іонізації решти груп.

Процес дисоціації сповільнюється при підвищенні концентрації індиферентного електроліту тому, що збільшується концентрація протиіонів, а зниження ступеню дисоціації функціональних груп супроводжується згортанням молекули і зменшенням її лінійних розмірів.

Реакція середовища більше впливає на форму катіонних та аніонних флокулянтів. При збільшенні рН аніонні флокулянти розгортаються, тобто лінійні розміри збільшуються. Це пов'язано із підвищенням ступеню дисоціації аніонних груп. При підвищенні рН катіонні флокулянти згортаються, оскільки зменшується ступінь дисоціації іоногенних груп. При зниженні рН, навпаки.

ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ, РЕАКТИВИ ТА МАТЕРІАЛИ

1. Фотоколориметр ФЕК-56.
2. Магнітна мішалка.

3. Технічні ваги.
4. Хімічний посуд.
5. Бентоніт.
6. Каолін.
7. Флокулянти (Гепан, Magnofloc, Praestol).

ПОРЯДОК І РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Приготування модельних суспензій. На технічних вагах зважити 0,2...0,6 г бентоніту (0,1...0,2 г каоліну). Наважку розчинити в 2 дм³ води. Ретельно перемішати. Визначити каламутність модельного розчину фотоелектроколориметричним методом.

2. Визначення ефективності освітлення води при використанні флокулянту. Ретельно перемішавши, модельний розчин розлити в 6 склянок по 100 см³. В кожен склянку внести розрахований об'єм розчину флокулянту, що відповідає дозі Д_ф: 0; 0,2; 0,5; 1,0; 5,0; 10,0 мг/дм³. Ретельно перемішати суміш. Через кожні 20 хвилин протягом 3^х годин відбирати пробу води (декантація) для визначення залишкової каламутності.

ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ

Ступінь освітлення води після відстоювання (%) розраховується за формулою:

$$Z = \frac{K_0 - K_3}{K_0} \cdot 100 \quad (5.1),$$

K_0 - вихідна каламутність води, мг/дм³, K_3 – залишкова каламутність води в пробі після відстоювання, мг/дм³

На основі отриманих даних побудувати графіки:

1. Кінетика освітлення води в присутності флокулянту ($K_t=f(\tau)$).

2. Залежність залишкової каламутності води від дози флокулянту після відстоювання протягом 3^x годин. ($K_3=f(D_{\Phi})$)

3. Залежність ступеню освітлення води від дози флокулянту ($Z=f(D_{\Phi})$).

Визначити оптимальну дозу флокулянту

ВИСНОВКИ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ МЕТОДОМ ФЛОТАЦІЇ

Мета роботи: ознайомлення з основними закономірностями процесів очищення стічних вод методом пінного фракціонування та пінної флотації.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Флотаційний метод очищення води заснований на вилученні з неї грубо-, дрібнодисперсних колоїдних та розчинених забруднень бульбашками різних газів (повітрям, киснем, вуглекислим газом, азотом та інш.)

Концентрування забруднень на поверхні бульбашок відбувається в результаті процесів адсорбції, у випадку видалення розчинених речовин або адгезії, у випадку видалення диспергованих домішок.

В літературі всі процеси, пов'язані з видаленням речовин з розчинів адсорбцією або прилипанням до бульбашок газу, отримали назву адсорбційної бульбашкової сепарації. Розмаїття методів бульбашкової сепарації частіше за все призводить до плутанини в термінології, тому в 1967 році п'ятьма відомими дослідниками в цій галузі Каргеном, Грівсом, Лемнихом, Рубіном та Себбом з метою систематизації запропонована класифікаційна схема (рис. 6.1).

В процесах очищення стічних вод переважно використовуються ефекти пінного фракціонування та пінної флотації, пов'язані з переходом розчинених, колоїдних та диспергованих речовин в пінний шар, стабілізований поверхнево-активними речовинами (ПАР).

Термін "*пінне фракціонування*" використовується в тих випадках, коли при барботуванні повітря крізь розчин в піну переходить тільки сама ПАР, тобто відбувається очищення від ПАР.

Термін “*пінна флотація*” використовується в тих випадках, коли ПАР спеціально додається в розчини для покращення процесів видалення забруднень та стабілізації піни.

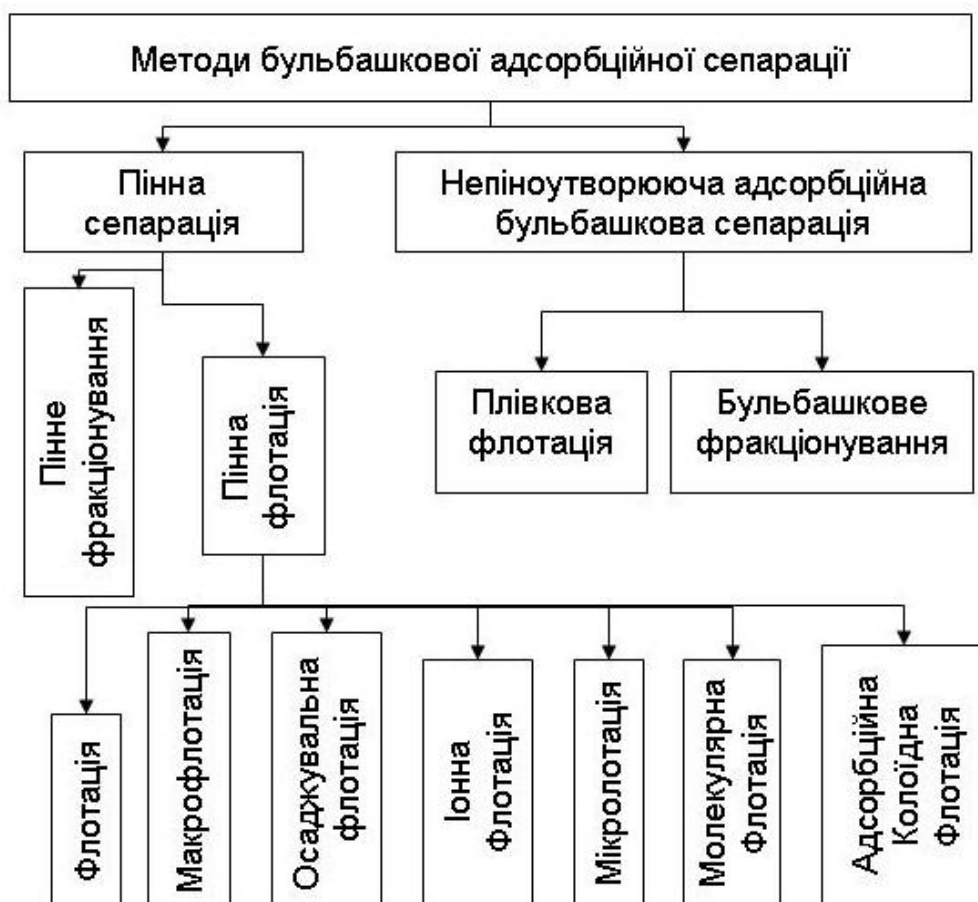


Рисунок 6.1 – Методи бульбашкової адсорбційної сепарації

Для опису процесів флотаційного вилучення розчинених речовин користуються рівняння ізотерми адсорбції Гібса, що зв’язує надлишковий вміст ПАР на межі розділу рідина-газ по відношенню до вмісту в об’ємі розчину та зменшення поверхневого натягу на межі розділу розчин-газ:

$$\Gamma = -\frac{C}{RT} \cdot \frac{dt}{dC} \quad (6.1),$$

Γ – надлишковий вміст ПАР на межі розділу розчин-газ; C – рівноважна (залишкова) концентрація ПАР в розчині, мг/дм³; τ –

поверхневий натяг, Н/м; R – газова незмінна стала, Дж/моль·град; T – абсолютна температура, °C

Швидкість флотації часток молекулярного ступеню дисперсності описується одним з двох наведених нижче рівнянь (6.2, 6.3):

$$a = K \cdot t \quad (6.2)$$

$$\lg(100 - a) = 2 - \frac{Kt}{2,303} \quad (6.3)$$

a – ступінь вилучення речовини, %; t - час процесу флотації, хв; K – константа швидкості переходу розчиненої речовини на межу розділу фаз "газ – рідина", хв⁻¹.

Рівняння (6.2) справедливе в тому випадку, коли час перебування бульбашок в розчині достатній для утворення на їх поверхні насиченого адсорбційного шару розчиненої речовини, а рівняння (6.3) коли час перебування бульбашок в розчині недостатній для утворення насиченого адсорбційного шару.

Кінетика процесу флотаційного видалення часток колоїдного ступеню дисперсності може бути також описана з вірогідністю 0,95 рівнянням (6.3).

Для опису процесу флотації часток грубого ступеню дисперсності користуються рівнянням:

$$g = G (1 - e^{K \cdot t}) \quad (6.4),$$

g – кількість виділеної речовини в процесі флотації, г; G – початкова кількість речовини, г; K – константа швидкості флотації, 1/хв; t – час флотації, хв.

ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ, РЕАКТИВИ ТА МАТЕРІАЛИ

Прилади, обладнання

1. Компресор
2. Фотоколориметр КФК 2.
3. Ротаметр

4. Флотаційна установка
5. Пориста перегородка з розміром пор 100 мкм.
6. Хімічний посуд.

Реактиви та матеріали.

1. Розчин сульфоолу.
2. Барвники (прямий блакитний, метиленовий синій).

Схема експериментальної установки

Схема експериментальної установки приведена на рис. 6.2.

5

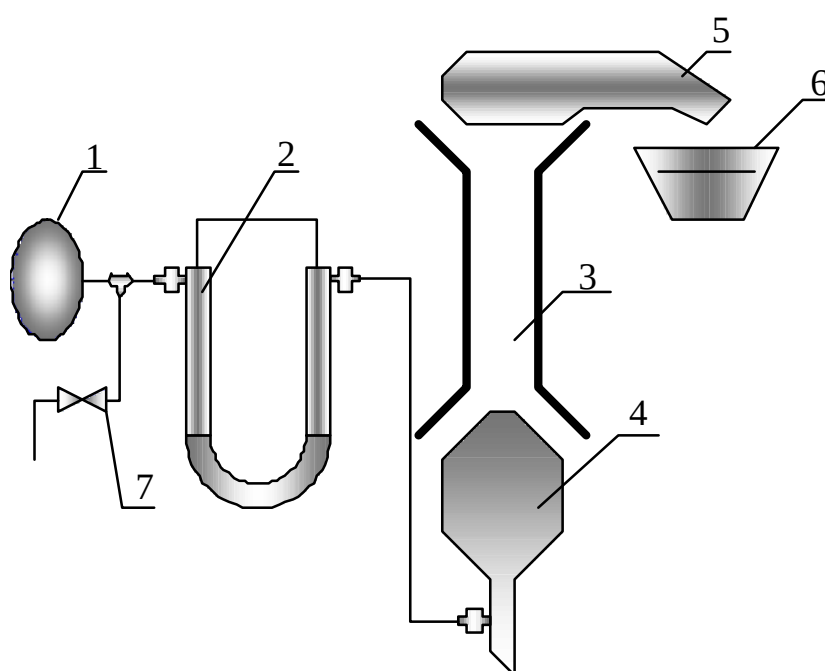


Рисунок 6.2 – Експериментальна флотаційна установка

1 – джерело стисненого повітря; 2 – ротаметр; 3 – флотаційна колона;
4 – з'йомні пористі перегородки; 5 – піноприймач; 6 – ємкість для збору піни; 7 – подвійник з зажимом.

ПОРЯДОК І РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Пінне фракціонування

Як об'єкт дослідів використовується сульфонол або некаль (змочувач, який є сумішшю ізомерів дибутилнафталінсульфокислоти, що містить у вигляді домішок до 36 % Na_2SO_4 та 3 – 4 % NaCl).

Для виконання роботи збирається установка як показано на рис. 6.2.

Визначення залежності ступеня вилучення сульфонолу та ступеня переходу розчину в піну від загальної витрати повітря при різному ступені барботажу

Для виконання роботи готують 1 дм^3 розчину сульфонолу з концентрацією 50...70 мг/дм^3 або некалі з концентрацією 150...200 мг/дм^3 . Включають компресор і подають повітря у флотаційну колонку. Заливають розчин сульфонолу у флотаційну колонку і флотують, подаючи повітря 25...500 $\text{см}^3/\text{см}^2\text{хв}$ з перепадом тиску $\Delta H = 20, 30, 40, 50$ мм. Флотацію кожної проби проводять протягом 15 хвилин.

Після завершення процесу флотації визначають об'єм піни, об'єм розчину у флотаційній колоні, концентрації сульфонолу в піні, концентрацію сульфонолу в розчині.

Ступінь вилучення сульфонолу розраховується по формулі:

$$a = \frac{(C_p^0 - C_p)}{C_p^0} \cdot 100\% \quad (6.5)$$

C_p^0 і C_p - концентрація сульфонолу в розчині, відповідно до та після флотації.

Для оцінки ефективності процесу флотаційного вилучення ПАР, окрім ступеня вилучення, розраховують ступінь переходу розчину в піну β .

$$b = \frac{(V_p^0 - V_p)}{V_p^0} \cdot 100\% \quad (6.6)$$

V_p^0 і V_p – об'єм розчину в колонці відповідно до та після флотації.

Таблиця 6.1 – Залежність ступеня вилучення ПАР та ступеня переходу розчину в піну від витрати повітря

Перепад тиску у ротаметрі, ΔH , мм	Ступінь барботажу, $\text{см}^3/\text{см}^2\text{хв}$	Ступінь вилучення сульфанолю з розчину, α , %	Ступінь переходу розчину в піну, β , %

За отриманими даними будують графіки залежності ступеню вилучення сульфонолу та ступінь переходу розчину в піну від загальної витрати повітря $\alpha = f(\Delta H)$, $\beta = f(\Delta H)$.

Величини, що входять до рівнянь (6.5) та (6.6), зв'язані між собою рівнянням матеріального балансу (6.7):

$$V_p^o C_p^o = V_p C_p + V_n C_n \quad (6.7)$$

V_n і C_n – об'єм рідини, що перейшла в піну (см^3), та концентрація ПАР в цій рідині, ($\text{мг}/\text{дм}^3$).

Визначення впливу висоти шару рідини на ступінь вилучення сульфонолу з розчину

Щоб виконати дослід, готують розчини сульфонолу з концентрацією А – $50 \text{ мг}/\text{дм}^3$ та “В” – $100 \text{ мг}/\text{дм}^3$. Заливають у флотаційну колонку (рис. 6.2) розчин А висотою шару 10 см. Визначають об'єм розчину в колонці. Виконують флотацію при заданій інтенсивності барботажу. Визначають залишковий об'єм розчину в колонці. Аналізують розчин на вміст сульфонолу.

Подальші дослідження виконують аналогічно при висоті шару рідини у флотаторі 15, 20, 25 та 30 см. Аналогічні досліди проводять для розчину В. Отримані результати зводять у табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Залежність ступеню видалення сульфонолу від висоти шару рідини

Висота шару рідини, см		10	15	20	25
Залишкова концентрація сульфонолу, мг/дм ³	Розчин А				
	Розчин В				

Розраховують ступінь вилучення ПАР (α) та ступінь переходу розчину в піну (β) за формулами 6.5, 6.6. Будують графіки залежності вилучення ПАР (α) від висоти шару рідини в колонці (h) для розчинів А та В: $\alpha=f(h)$.

Кінетика дослідження вилучення поверхнево-активних речовин

Дослідження проводять з розчином, що використовувався і в першій частині досліджень. Включають компресор і подають повітря у флотаційну колонку з заданою витратою. У колонку заливають пробу, об'ємом 150 см³. Визначають об'єм піни та концентрацію ПАР в розчині кожні 30 секунд хвилин протягом 10 хвилин.

Розраховують за формулою 6.5, 6.6 ступінь вилучення ПАР (α) та ступінь переходу розчину в піну (β) для кожних 30 секунд. Будують графік залежності ступінь вилучення ПАР (α) та ступінь переходу розчину в піну (β) як функція часу флотації, $\alpha=f(\tau)$ та $\beta=f(\tau)$.

Для визначення константи швидкості процесу флотації при даних вище параметрах користуються рівнянням (6.3).

Змінна $\lg(100 - a)$ знаходиться в лінійній залежності від часу флотації, а величина $K/2,303$ дорівнює тангенсу кута нахилу прямої, що відображає залежність між $\lg(100 - a)$ і t . Побудував графік залежності $\lg(100 - a)$ від t для розчину, визначають $\operatorname{tg} \alpha$ та розраховують K .

Пінна флотація

Визначення залежності ступеня вилучення барвника від дози поверхнево-активних речовин

Готують розчин метиленового синього, об'ємом 2 дм³, з концентрацією 50...100 мг/дм³. Для піноутворення в кожну колбу, об'ємом 150 см³, додають розчин сульфонолу. Концентрація сульфонолу в кожній пробі становить 0; 5; 10; 15; 20; 25; 30 мг/дм³. Включають компресор і подають повітря з заданою витратою ($\Delta H=20\ldots40$) у флотаційну колонку. Заливають кожну пробу по черзі у флотаційну колонку і флотують протягом 15 хвилин.

Після завершення процесу флотації визначають об'єм піни, об'єм розчину, концентрацію барвника у розчині, концентрацію барвника у піні. Концентрацію барвника визначають спектрофотометричним методом.

За отриманими даними розраховують ступінь вилучення барвника α (6.5) та ступінь переходу розчину в піну β (6.6).

Результати розрахунків зводяться в табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Залежність ступеня вилучення барвника та ступеня переходу розчину в піну від дози сульфонолу

Концентрація сульфонолу, мг/дм ³	Ступінь вилучення барвника з розчину, α , %	Ступінь переходу розчину в піну, β , %

За отриманими даними будують графіки залежності ступеню вилучення барвника та ступінь переходу розчину в піну від загальної витрати повітря $\alpha=f(D_c)$, $\beta=f(D_c)$.

Величини, що входять до рівнянь (6.5) та (6.6), зв'язані між собою рівнянням матеріального балансу (6.7):

$$V_p^0 C_p^0 = V_p C_p + V_n C_n \quad (6.7)$$

V_n і C_n – об'єм рідини, що перейшла в піну (см^3), та концентрація барвника в цій рідині, (мг/дм^3).

Кінетика дослідження вилучення барвника

Дослідження проводять з розчином, що використовувався і в першій частині досліджень. Доза сульфону відповідає оптимальній дозі, що була визначена в попередньому дослідженні.

Включають компресор і подають повітря у флотаційну колону з заданою витратою. У колону заливають пробу, об'ємом 150 см^3 . Визначають об'єм піни та концентрацію барвника в розчині кожні 30 секунд хвилин протягом 10 хвилин.

Розраховують за формулою 6.5, 6.6 ступінь вилучення ПАР (α) та ступінь переходу розчину в піну (β) для кожних 30 секунд. Будують графік залежності ступінь вилучення ПАР (α) та ступінь переходу розчину в піну (β) як функція часу флотації, $\alpha=f(\tau)$ та $\beta=f(\tau)$.

Для визначення константи швидкості процесу флотації при даних вище параметрах користуються рівнянням (6.3).

Змінна $\lg(100 - a)$ знаходиться в лінійній залежності від часу флотації, а величина $K/2,303$ дорівнює тангенсу кута нахилу прямої, що відображає залежність між $\lg(100 - a)$ і t . Побудував графік залежності $\lg(100 - a)$ від t для розчину, визначають $\text{tg}\alpha$ та розраховують K .

Визначення концентрації аніоноактивних поверхнево-активних речовин

Суть методу

Метод базується на тому, що аніоноактивні ПАР утворюють з метиленовим синім комплексні асоціати, розчинні в хлороформі з утворенням синіх розчинів. Сам метиленовий синій в хлороформі не розчиняється.

Реактиви

Фосфатний буферний розчин. Розчиняють 10 г двозаміщеного фосфату натрію (зневодненого) «чда» в дистильованій воді, доводять рН розчину до 10, загальний об'єм доводять до 1 дм³ та перемішують.

Нейтральний розчин метиленового синього. Розчиняють 0,35 г метиленового синього в дистильованій воді. Загальний об'єм доводять до 1 дм³.

Кислий розчин метиленового синього. Розчиняють 0,35 г метиленового синього в 500 см³ дистильованої води, додають 65 см³ концентрованої сірчаної кислоти «чда» і доводять дистильованою водою загальний об'єм до 1 дм³, перемішують.

Хлороформ «чда». Стандартний розчин.

ПАР, що визначається, (сульфонолу, некалі та інш.). Розчиняють 0,1г ПАР в дистильованій воді. Загальний об'єм доводять до 1 дм³ та перемішують. Відібравши 10 см³ розчину, розводять його дистильованою водою до 100 см³. В 1 см³ отриманого розведеного розчину міститься 0,01 мг миючої речовини.

Порядок виконання роботи

Відбирають 5 см³ води, що аналізується. Пробу розводять дистильованою водою до 100 см³, розміщують в ділильну лійку місткістю 200...250 см³, додають 100 см³ фосфатного буферного розчину, 5 см³ нейтрального розчину метиленового синього та 15 см³ хлороформу.

Обережно струшують 1 хв та дають постояти 1 хв для розшарування рідини. Потім зливають шар хлороформу в іншу таку саме ділильну лійку, в яку розміщують 110 см³ дистильованої води та 5 см³ кислого розчину метиленового синього. Вміст другої лійки струшують також, як і першої, дають рідині розшаруватися. Зливають нижній шар хлороформу через

маленьку лійку, де розміщують насичений хлороформом тампон вати, в мірну колбу місткістю 50 см³.

В першу лійку наливають ще 10 см³ хлороформу та повторюють описані вище операції. Екстракцію проводять ще раз порцією хлороформу 10 см³ та 5 см³. Усього в мірній колбі повинно зібратися близько 40 см³ хлороформних екстрактів. Доводять вміст колби до позначки хлороформом та перемішують. Забарвлений хлороформний розчин переносять в кювету фотометра товщиною шару 30 мм та вимірюють оптичну густину, заливши в другу кювету розчин холостого дослід. Вимір проводять при $\lambda = 650$ нм.

Концентрації ПАР знаходять за калібрувальним графіком, для побудови якого відбирають порції 2; 5; 10; 15; ...30 см³ стандартного розчину ПАР, розводять кожну порцію водою до 100 см³ та проводять визначення концентрація як приведено вище.

ВИСНОВКИ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОСВІТЛЕННЯ ВОДНИХ СУСПЕНЗІЙ НА НАСИПНИХ МЕХАНІЧНИХ ФІЛЬТРАХ

Мета роботи: ознайомитися з методом очищення води від високодисперсних домішок шляхом фільтрування на насипних механічних фільтрах, визначити основні геометричні характеристики зернистих фільтруючих матеріалів і дослідити процес фільтрування.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Метод фільтрування на насипних механічних фільтрах широко використовують у практиці водопідготовки та очищення стічних вод.

Фільтруванням, в широкому розумінні, називають процес розділення суспензій з використанням пористих перегородок, які затримують тверду фазу і пропускають рідку фазу.

Щоб очистити воду від механічних домішок у промислових умовах, як пористі фільтраційні перегородки використовують здебільшого зернисті сипучі матеріали: кварцевий пісок, здріблений керамзит, кліноптілоліт, антрацит та ін. Основною вимогою до таких матеріалів є їх стійкість до води, що обробляється, тобто матеріал не повинен забруднювати воду. Крім того, ці матеріали повинні бути дешевими та легкодоступними.

Використання зернистих матеріалів для видалення механічних домішок з водних середовищ викликано особливістю будови їх шару, в якому частинки матеріалу чергуються з пустотами, які називаються порами шару. З'єднуючись між собою, пори шару утворюють порові канали, по яких протікає вода. Від форми, розмірів та кількості таких каналів в одиниці об'єму шару буде залежити не тільки гідравлічний режим руху води, але й якість її очищення. На практиці зернистий шар

розглядають як однорідне ізотропне середовище, яке характеризується слідуєчими поняттями.

Пористість шару, m^3/m^3 ; під нею розуміють частку вільного об'єму в зернистому шарі:

$$E = V_{\text{пор}} / V_{\text{ш}} \quad (7.1)$$

$$\text{або } \omega = V_{\text{пор}} / V_{\text{тв.ф}} \quad (7.2),$$

$V_{\text{пор}}$ – об'єм пор в шарі зернистого матеріалу; $V_{\text{ш}} = V_{\text{пор}} + V_{\text{тв.ф}}$ – сумарний об'єм пор зернистого шару; $V_{\text{тв.ф}}$ – об'єм твердої фази.

З рівняння (7.1) і (7.2) випливає

$$E = 1 - (a_{\text{тв.ф}} / \rho_{\text{тв.ф}}) \quad (7.3)$$

$$\omega = (\rho_{\text{тв.ф}} / a_{\text{тв.ф}}) - 1 \quad (7.4)$$

$$E = \omega / (1 + \omega) \quad (7.5),$$

$a_{\text{тв.ф}}$ та $\rho_{\text{тв.ф}}$ – насипна маса та щільність зернистого матеріалу, які визначаються відповідно як

$$a_{\text{тв.ф}} = G_{\text{тв.ф}} / V_{\text{ш}} \text{ та } \rho_{\text{тв.ф}} = G_{\text{тв.ф}} / V_{\text{тв.ф}} \quad (7.6),$$

$G_{\text{тв.ф}}$ – маса твердої фази.

Живий переріз. Під ним розуміють сумарну площу пор в міделевому перерізі зернистого шару, тобто в перерізі перпендикулярно вектору потоку рідини.

$$F_{\text{ж.п.}} = F_{\text{ап}} - \Sigma F_{\text{тв.ф}} \quad (7.7),$$

$F_{\text{ап}}$ та $\Sigma F_{\text{тв.ф}}$ – площа перерізу апарату та сумарна площа перерізу всіх часток твердої фази зернистого шару, які розташовані в міделевому перерізі.

Частка вільного перерізу визначається відношенням

$$E_S = F_{\text{ж.п.}} / F_{\text{ап}} \quad (7.8)$$

Якщо апарат завантажено рівномірно, у зернистих шарах завжди зберігається рівність

$$E = E_S \quad (7.9)$$

З рівняння (7.1), (7.8) та (7.9) випливає, що

$$E_S/E=(F_{ж.п.} \cdot h_{ш} \cdot V_{ш})/(F_{ап} \cdot h_{ш} \cdot V_{пор})=1 \quad (7.10)$$

$$\text{звідки } F_{ж.п.}=V_{ш}/h_{ш} \quad (7.11),$$

$h_{ш}$ – висота зернистого шару.

Поверхня зерен шару. Під нею розуміють добуток “змоченого” периметру, тобто сума контурів всіх часток, що омиваються, на висоту зернистого шару, m^2 :

$$S_{з.ш}=p \cdot h_{ш} \quad (7.12)$$

Поверхню зерен шару прийнято відносити або до одиниці об’єму шару, m^2/m^3

$$S_{з.ш}'=S_{з.ш}/V_{ш} \quad (7.13)$$

або до одиниці об’єму зерен, m^2/m^3 , в шарі

$$S_o= S_{з.ш}/V_{тв.ф} \quad (7.14)$$

Значення S_o та $S_{з.ш}$ відповідно називаються питомою поверхнею шару і питомою поверхнею зерен у шарі. Із визначення цих величин і рівняння (6.1) випливає співвідношення

$$S_{з.ш}'=S_o \cdot (1-E) \quad (7.15)$$

Якщо шар складається з монодисперсних частинок правильної кулеподібної форми, то

$$S_{з.ш}'=6 \cdot (1-E)/d; S_o=6/d \quad (7.16),$$

d – діаметр кулеподібних зерен шару.

Для полідисперсних шарів, які складаються з кулеподібних частинок з різними діаметрами, у рівнянні (7.14) використовують середній діаметр зерен d'' :

$$1/d''=\Sigma(g_i/d_i) \quad (7.17),$$

g_i – вагова доля зерен з даним діаметром d_i . Тоді:

$$S_{зш}'=6 \cdot (1-E) \cdot \Sigma(g_i/d_i); S_o=6 \cdot \Sigma(g_i/d_i) \quad (7.18)$$

Коефіцієнт форми. Ним характеризують відхилення форми зерен від сферичної:

$$a_{\Phi}=6/(S_0 \cdot d_c) \quad (7.19),$$

d_c – середній діаметр сита, який визначається як середнє арифметичне між діаметрами сита, через яке дане зерно проходить, і діаметр сита, на якому воно затримується. Сумісно вирішуючи рівняння 7.16 та 7.17, отримуємо:

$$S'_{з.ш}=6 \cdot (1-E) \cdot \Sigma(g_i/a_{\Phi} \cdot d_{c_i}); S_0= 6 \cdot \Sigma(g_i/ a_{\Phi} \cdot d_{c_i}) \quad (7.20)$$

Гідравлічний радіус. Під ним розуміють відношення площі й живого перерізу до “змоченого” периметра:

$$r_{\Gamma}=F_{ж.п}/p \quad (7.21)$$

Для каналів перерізу у вигляді кола співвідношення між діаметром каналу і гідравлічним радіусом в гідравлиці визначається рівністю

$$r_{\Gamma}=d_{\kappa}/4 \quad (7.22),$$

d_{κ} – діаметр каналу.

Еквівалентний діаметр каналів шару:

$$d_E=4 \cdot r_{\Gamma} \quad (7.23)$$

З рівнянь (7.23), (7.21), (7.10), (7.1), (7.12) можна отримати:

$$d_E=4 \cdot E \cdot V_{ш}/S'_{з.ш} \quad (7.24)$$

Використовуючи поняття питомої поверхні, рівняння (7.24) можна подати так:

$$d_E=4 \cdot E/S'_{з.ш}; d_E=4 \cdot E/S_0(1-E) \quad (7.25)$$

Для шару, який складається з полідисперсних часто неправильної форми, співвідношення між середнім діаметром зерна і d_E :

$$d_E=2 \cdot E \cdot d'' \cdot a_{\Phi}/3 \cdot (1-E) \quad (7.26)$$

Таблиця 7.1 – Результати ситового аналізу

Діаметр сита, 10^{-3} , м	Залишок на ситі, г	Залишок на ситі в частинах від вихідної маси, g_i	Діаметр зерен піску, $d_i \cdot 10^{-3}$ м	$(g_i/d_i) \cdot 10^{-3}$, $м^{-1}$
0,25	18	0,090	$(0,25+0,41)/2=0,33$	0,27
0,41	12	0,060	$(0,41+0,56)/2=0,59$	0,12

0,56	71	0,355	$(0,56+0,68)/2=0,62$	0,56
0,68	60	0,300	$(0,68+0,8)/2=0,74$	0,40
0,94	12	0,060	$(0,94+1,01)/2=0,87$	0,10
1,01	6	0,030	$(1,01+1,28)/2=1,14$	0,03
1,28	2	0,010	----	----
$\Sigma 1,54$				

Коефіцієнт неоднорідності η . Він характеризує широту діапазону діаметрів полідисперсних завантажень і визначається з рівняння:

$$\eta = d_{80}/d_{10} \quad (7.27)$$

d_{80} та d_{10} – діаметри дірок сит, через які проходять 80 та 10 % зерен зразка. Значення d_{80} та d_{10} розраховують за формулами:

$$d_{80} = (d_K + (d_{K+1} - d_K) \cdot (80 - p_K)) / (p_{K+1} - p_K) \quad (7.28)$$

$$d_{10} = (d_m + ((d_{m+1} - d_m) \cdot (80 - p_m)) / (p_{m+1} - p_m) \quad (7.29)$$

d_m – діаметр найближчого сита, через яке пройшло менше 10 % усього матеріалу; d_{m+1} – те саме, але більше 10 %; d_K – діаметр найближчого сита, через яке пройшло менше 80 % усього матеріалу; d_{K+1} – теж саме, але більше 80 %; p_m – процентна кількість матеріалу, що пройшла через сито діаметром d_m ; p_{m+1} – те саме для сита діаметром d_{m+1} ; p_K – те саме для діаметру d_K ; p_m – те саме для сита з діаметром d_{K+1} .

З рівняння (6.27) витікає, що коефіцієнт неоднорідності завжди більше одиниці. Для ідеально однорідного середовища $\eta=1$. Зазвичай фільтруючий матеріал вважається однорідним, якщо $\eta=2$.

Поверхневий аналіз наведених рівнянь показує, що основними характеристиками зернистих завантажень є E , d_i , S_0 . Усі три величини визначають експериментально: першу – вимірюванням насипної маси та щільності з послідовним розрахунком за рівнянням (6.3), другу – ситовим аналізом, третю – адсорбційними методами.

Нижче наведено геометричні характеристики деяких фільтруючих матеріалів.

Таблиця 7.2 – Геометричні властивості фільтрувальних матеріалів

Фільтруючий матеріал	Пористість шару, E	Коефіцієнт форми a_f	Коефіцієнт неоднорідності, η	Середньоповерхневий діаметр, d, мм
Кварцевий пісок	0,44	0,67	1,95	0,65
Антрацит	0,54	0,66	2,00	0,80
Сульфовугілля	0,56	0,66	2,37	0,70

Фільтр із зернистим шаром є резервуар, який містить водорозподільні та дренажні пристрої. Залежно від кількості зернистих шарів розрізняють одношарові та багатошарові фільтри. Залежно від способу створення тиску над фільтрувальною перегородкою розрізняють напірні і безнапірні фільтри.

Одним з основних рівнянь, що описують процес фільтрування, є залежність, що пов'язує зміну концентрації речовини, що виділяють, швидкість фільтрації, висоту шару фільтруючого матеріалу і розмір його зерен:

$$C/C_0 = f(X, T) \quad (7.30)$$

C – концентрація зависі у воді в момент часу, мг/дм³; C_0 – концентрація зависі у вихідній воді, мг/дм³; X та T – критерії подібності процесу.

$$X = B \cdot x \quad T = a \cdot t \quad (7.31)$$

x – товщина зернистого шару, см; t – час з початку процесу; B і a – параметри процесу, які визначаються методами теорії розмірності.

$$B = \beta \cdot V^{E1} \cdot d^{\lambda1} \quad a = \alpha \cdot V^{E2} \cdot d^{\lambda2} \quad (7.32)$$

V – швидкість фільтрування; d – діаметр зерен завантаження; β та α – коефіцієнти, які враховують сукупність впливу фізичних та фізико-хімічних властивостей води та зависі.

Звідки:

$$X = \beta \cdot V^{E1} \cdot d^{\lambda1} \cdot x \quad (7.33)$$

$$T = \alpha \cdot V^{E2} \cdot d^{\lambda2} \cdot t \quad (7.34)$$

Обробка великої кількості експериментальних даних показала, що показники ступеню при V і d в широкому діапазоні зміни швидкостей фільтрації і розмірів зерен завантаження при різному складі води, що фільтрується, практично не змінюються і складають:

$$E_1 = -0.7; E_2 = 1.0; \lambda_1 = -1.7; \lambda_2 = -1.0;$$

Отже:

$$V = \beta / (V^{0.7} \cdot d^{1.7}); a = \alpha \cdot V/d \quad (7.35)$$

Швидкість фільтрування, $m^3/m^2 \cdot \text{хв}$:

$$V = W/(S \cdot \tau) \quad (7.36),$$

W – об'єм фільтрату за час, m^3 ; S – поверхня фільтрування, m^2 ; τ – тривалість фільтрування, хв.

Якщо порівнювати процеси, які протікають при фільтруванні води на фільтрах з різним завантаженням і швидкістю фільтрування, то для них коефіцієнти β і α будуть однаковими і можуть не враховуватися при розрахунках. В таких випадках критерії подібності мають вигляд:

$$X' = V^{E_1} \cdot d^{\lambda_1} \cdot x; T' = V^{E_2} \cdot d^{\lambda_2} \cdot t;$$

$$\text{або } X = x / (V^{0.7} \cdot d^{1.7}); T' = (t \cdot V)/d \quad (7.37)$$

Експериментальні дані підтверджують, що між X та T існує залежність:

$$X = K \cdot T + X_0 \quad (7.38)$$

Звідки:

$$T = (X - X_0)/K \quad (7.39)$$

K і X_0 – константи.

Якщо існує взаємозв'язок між T і X , то можна записати:

$$C/C_0 = f(X')$$

Підставивши замість X' його значення, отримуємо:

$$C/C_0 = f(x / (V^{0.7} \cdot d^{1.7})) \quad (7.40)$$

ОБЛАДНАННЯ, ПРИЛАДИ, МАТЕРІАЛИ, РЕАКТИВИ

Обладнання та прилади

1. Хімічний посуд.
2. Прилад для фільтрування (рис. 6.1).
3. Аналітичні ваги.
4. Секундомір.

Матеріали

1. Кварцевий пісок.
2. Фільтрувальний папір.
3. Суспензія крейди у воді (0,5 г/дм³).

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Визначення основних геометричних характеристик зернистих фільтруючих матеріалів

Основні геометричні характеристики зернистих фільтрувальних матеріалів визначають шляхом ситового аналізу і вимірювання їх насипної маси та щільності. Для цього:

- зважують пробу 100 г фільтруючого матеріалу, наприклад, кварцевого піску;
- визначають насипну масу ($a_{\text{тв.ф}}$) і щільність зернистого матеріалу ($\rho_{\text{тв.ф}}$) відповідно як:

$$a_{\text{тв.ф}} = G_{\text{тв.ф}} / V_{\text{ш}} \quad \rho_{\text{тв.ф}} = G_{\text{тв.ф}} / V_{\text{тв.ф}}$$

- проводять ситовий аналіз проби, результати якого заносять у табл. 7.3.

Таблиця 7.3 – Ситовий аналіз проби

Діаметр сита, 10^{-3} м	Залишок на ситі, г	Залишок на ситі в частинах від вихідної маси, g_i	Діаметр зерен піску, $d_i \cdot 10^{-3}$, м	$(g_i/d_i) \cdot 10^{-3}$, м^{-1}

Визначення процесу фільтрування

Пристрій для дослідження процесу фільтрування

Пристрій (рис. 7.1) – це циліндрична склянка, в нижній частині якої прикріплено металевий перехідник 2 з різьбою на зовнішній поверхні. До нижньої частини перехіднику прикріплено конічний збірник 1. Між збірником 1 та перехідником 2 з нижнього торцю скляного стакану через проміжне кільце 7 встановлено підтримуючу сітку 6. Конічний збірник з'єднано з перехідником різьбовим з'єднанням, через проміжне кільце притиснуто підтримувальну сітку, на яку насипається шар зернистого матеріалу певної висоти. Після завантаження фільтра на шар фільтрувального матеріалу заливають суспензію для фільтрування. Після завершення фільтрування пристрій розбирають та промивають.

Порядок виконання експерименту

1. Підготувати суспензію певної концентрації, наприклад, суспензію крейди у воді ($0,5 \text{ г/дм}^3$).
2. Визначити каламутність вихідного розчину K_0 , мг/дм^3 .
3. Засипати шар фільтруматеріалу (піску) заввишки 10 мм (х).
4. Залити 100 см^3 суспензії і з допомогою секундоміру час, за який відфільтрується 50 см^3 проби.
5. Визначити залишкову каламутність розчину (K_3).
6. Промити фільтруматеріал дистильованою водою (200 см^3).
7. Збільшити завантаження ще на 10 мм.
8. Повторити дії описані в п.п. 4 – 7.

Отримані дані заносять до табл. 7.4.

Таблиця 7.4 – Вплив висоти фільтруючого матеріалу на ефективність освітлення води

Параметри дослідження	Номер проби					
	1	2	3	4	5	6
Висота зернистого шару х, мм						
Каламутність вихідного розчину (K_0), г/дм^3						

Каламутність фільтрату (K_3), г/дм ³						
Швидкість фільтрування, м/год						
Співвідношення K_3/K_0						

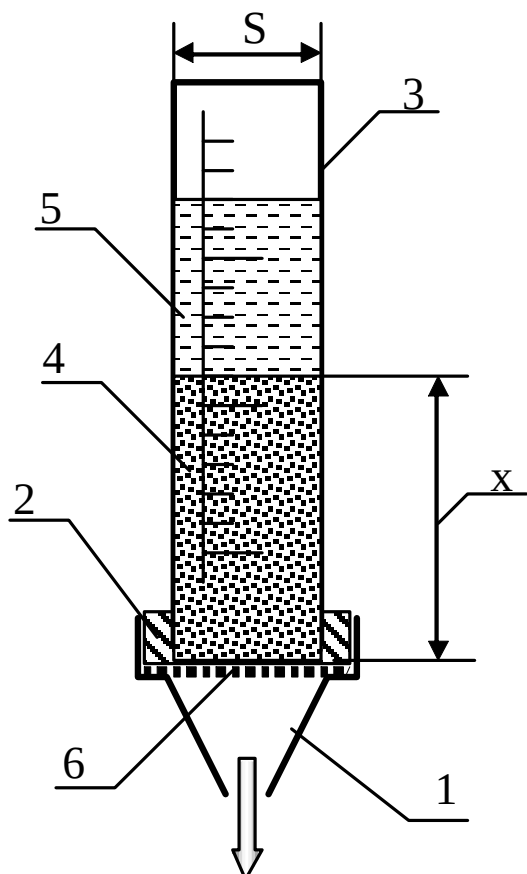


Рисунок 7.1 – Пристрій для дослідження процесу фільтрації

1. Конічний збірник очищеної води.
2. Перехідник.
3. Склоаний циліндричний стакан.
4. Зернистий шар (фільтрувальний матеріал).
5. Водяна суспензія для очищення.
6. Підтримуюча сітка.

СПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Обробка результатів по визначенню основних геометричних характеристик зернистих фільтруючих матеріалів

За даними ситового аналізу і розрахованим значенням насипної маси та щільності, використовуючи формули, що приведені в теоретичній частині, розраховують основні геометричні характеристики зернистого фільтруючого матеріалу (піску): пористість шару, E ; питому поверхню зерен в шарі S_0 ; коефіцієнт неоднорідності η ; коефіцієнт форми, a_f ;

середньоповерхневий діаметр d'' ; еквівалентний діаметр каналів шару d_e .
Результати зводять у табл. 7.5.

Таблиця 7.5 – Геометричні властивості фільтрувальних матеріалів

Фільтруючий матеріал	Пористість шару, E	Питома поверхня зерен в шарі S_0	Коефіцієнт форми a_f	Коефіцієнт неоднорідності, η	Середньоповерхневий діаметр, d'' , мм	Еквівалентний діаметр каналів шару, d_e , мм

Обробка результатів дослідження процесу фільтрування

Для того, щоб отримати більш чітке уявлення про закон залежності $C/C_0=f(x/(V^{0.7} \cdot d^{1.7}))$ на основі результатів вимірювання будемо намагатися отримати формулу, що приблизно описує цю залежність. Отримана таким чином формула називається емпіричною формулою.

Ідея будови емпіричної формули за даними складається в слідуючому: підібрати таку функцію, що виражається формулою досить простого виду, щоб значення цієї функції були близькими до значень, які були отримані із дослідів.

Для отриманні емпіричної формули слід почати з будови точкового графіку. Відношення K_3/K_0 будемо вважати функцією, а висоту зернистого шару – аргументом. За результатами вимірювань на площині координат відмічаємо точки, абсциси яких – значення аргументу – X , ординати – значення $y=K_3/K_0$. Це і буде точковий графік, який зображує геометричні результати вимірювань.

Дивлячись на графік, малюємо (на око) плавну лінію, таку, що точки графіку близькі до неї і розташовуються по обидві сторони від неї. Отримана плавна лінія і буде графіком функції, яка приблизно виражає залежність між величинами. При побудові графіку немає необхідності домагатися того, щоб лінія проходила через дослідні точки. Результат

вимірювання – приблизні числа. Тому за своєю природою дослідні точки повинні трохи відхилятися від істинного графіку. При цьому, так як відхилення мають випадковий характер, вони можуть бути і в стороні збільшення, і в стороні зменшення – і вище, і нижче графіку. Розглядаючи графік, можна зробити припущення про те, який вид функції, графіком якої вона є. Подальший розрахунок складається з того, щоб встановити значення параметрів, що входять у формулу, яка виражає цю функцію. Будуємо точковий графік та приблизну пряму в масштабі. На прямій вибираємо дві точки (які значно віддалені одна від одної) і визначаємо їх координати (x, y) та (x_1, y_1) . Для визначення коефіцієнтів a і b в залежності $y=ax+b$ записуємо систему рівнянь:

$$ax+b=y$$

$$ax_1+b=y_1$$

З цієї системи знаходимо значення a і b .

ВИСНОВКИ

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8

РЕАГЕНТНЕ ПОМ'ЯКШЕННЯ ВОДИ

Мета роботи: визначення впливу реакції середовища, типу реагенту, його витрати, температури на ефективність пом'якшення води.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Вимоги до якості води, що використовується на підприємствах, в кожному конкретному випадку визначаються, виходячи з вимог технології. Для води, яка використовується в водооборотних системах підприємств, існує ряд параметрів, які необхідно витримувати, незалежно від типу підприємства.

Допустима концентрація змулених речовин в охолоджувальній воді, що циркулює в системах водопостачання, в першу чергу, залежить від швидкості руху води в теплообмінних апаратах. Якщо вміст нерозчинених речовин перевищує допустиму границю, то оборотну та свіжу воду очищують від завислих речовин. Слід пам'ятати, що завислі речовини, які присутні у воді оборотних систем, є центрами кристалізації солей жорсткості та одночасно є цементуючою основою для відкладання карбонату кальцію на стінках теплообмінної поверхні та поверхні трубопроводів.

Оборотна вода теплообмінних систем водопостачання, так як і вода, що використовується в послідовно з'єднаних системах проточного водоспоживання, повинна зберігати термостабільність. Тобто підігрів не повинен призводити до утворення на теплообмінній поверхні відкладень карбонатів кальцію та магнію.

В більшості оборотних систем теплообмінного водопостачання карбонатна жорсткість води повинна знаходитись в межах 2...3 мг-екв/дм³.

Для оцінки термостабільності оборотних систем застосовують шестибальну шкалу (табл. 8.1).

Таблиця 8.1 – Шкала термостабільності води

Група термостабільності	Швидкість карбонатних відкладень		Бал термостабільності
	г/(м ² ·год)	мм/місяць	
I - абсолютно термостабільна	0	0	1
II - термостабільна	0,3	0,1	2
	0,1...1,0	0,1...0,5	3
III – обмежено термостабільна	1,5...3,0	0,5...1,0	4
	3,0...15,0	1,0...5,0	5
IV - нетермостабільна	15,0	5,0	6

Вода не повинна викликати корозію нелегованої сталі та інших матеріалів, що використовуються в теплообмінній апаратурі та комунікаціях. Вміст розчинених речовин в оборотній воді зростає пропорційно коефіцієнту випаровування. При цьому збільшується корозійна активність середовища. При відсутності інгібіторів гранично допустимий вміст солей в оборотній воді рекомендують не допускати вище 2 кг/м³, хоча в окремих випадках мінералізація оборотної води досягає 3 кг/м³.

Допустима швидкість біологічного обростання теплообмінних апаратів не повинна перевищувати 0,07 г/(м²·год), а швидкість збільшення товщини шару не повинна перевищувати 0,05 мм/місяць. Для попередження інтенсивного біообростання споруд та апаратів в оборотній, а отже, і в свіжій воді має бути обмеженим вміст органічних сполук та сполук біогених елементів (азоту, фосфору та ін.), які є поживним середовищем для мікроорганізмів.

Виходячи з вище наведених вимог, можна визначити характеристики свіжої води, яку подають в оборотну систему. Кількість цієї води можна визначити з рівняння матеріального балансу:

$$Q_{\text{св}} = Q_{\text{кв}} + Q_{\text{вв}} + Q_{\text{вип}} + Q_{\text{ск}} \quad (8.1)$$

$Q_{\text{св}}$ – кількість свіжої води, що подається у систему; $Q_{\text{кв}}$ - кількість води, що виноситься у вигляді крапель з градирні; $Q_{\text{вв}}$ - виробничі втрати води; $Q_{\text{вип}}$ – втрата води від випаровування на градирні; $Q_{\text{ск}}$ – кількість води, яка скидається із системи при продувці.

Допустимий вміст солей, або окремих іонів інших речовин $C_{\text{доп}}$ в свіжій воді визначають з умов збереження постійного складу оборотної води, що циркулює в системі ($C_{\text{об}}$):

$$Q_{\text{св}} \cdot C_{\text{доп}} = (Q_{\text{кв}} + Q_{\text{вв}} + Q_{\text{ск}}) \cdot C_{\text{об}} \quad (8.2)$$

$$C_{\text{доп}} = (Q_{\text{кв}} + Q_{\text{вв}} + Q_{\text{ск}}) \cdot C_{\text{об}} / Q_{\text{св}} \quad (8.3)$$

Середні втрати води від випаровування складають близько 2,5 % від загального об'єму, від капельного виносу на градирнях – 0,3...0,5 %, скид на продувку складає – 6...10 %, решта втрат складає близько 1 % від об'єму оборотної води.

Вимоги до якості води, що подається для підживлення оборотної системи, приведено в табл. 8.2.

Таблиця 8.2 – Вимоги до якості води для підживлення теплообмінних систем оборотного водопостачання хімічної промисловості

Показник якості	Оборотна вода	Вода для підживлення	
		при скиді на продувку	без скиду (замкнутий цикл)
Жорсткість карбонатна, г-екв/м ³	2,5	2	0,9
Жорсткість постійна, г-екв/м ³	5,0	4	1,9
Загальний вміст солей, г/м ³	1200	900	445
Хлориди, г/м ³	300	237	112
Сульфати, г/м ³	350...500	277...395	119...187
Сума фосфору та азоту, г/м ³	3	2,4	1,1
Змулені речовини, г/м ³	30	23,6	11,2
Окислюваність перманганатна, г/м ³	8...15	11,8...12,8	3...5,7
ХПК, г/м ³	70	55	26
Масла, смоли, г/м ³	0,3	0,25	0,1

ОБЛАДНАННЯ, ПРИЛАДИ, МАТЕРІАЛИ, РЕАКТИВИ

Обладнання

1. Хімічний посуд.
2. Термометри.

Прилади

1. рН-метр.
2. Магнітна мішалка.
3. Термостат.

Реактиви

1. Гідроокис натрію, 0,1Н.
2. Гідрокарбонат натрію, 1Н.
3. Фосфат натрію, 1Н.
4. Вапно.
5. Трилон Б, 0,1Н.
6. Індикатор – еріохром чорний Т.
7. Амонійний буфер

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Суть реагентного методу пом'якшення води полягає у зв'язуванні іонів кальцію та магнію хімічними речовинами в малорозчинні сполуки, які легко видаляються з води. В залежності від реагенту, який застосовується, розрізняють слідуючі методи: вапняний, содовий, лужний, фосфатний. Часто застосовують змішані методи.

На ефективність процесу впливають ряд факторів: тип реагенту, рН середовища, температура, величина постійної та тимчасової жорсткості води.

Визначення оптимального рН води в процесі пом'якшення різними реагентами

Беруть п'ять стаканів, що містять по 100 см³ водопровідної води, в якій попередньо визначено тимчасову та постійну жорсткість (постійну жорсткість визначають методом трилонометрії). Приливаючи у воду відповідні реагенти (NaOH, Na₂CO₃, Na₃PO₄), доводять рН, перемішуючи розчин магнітною мішалкою в першому стакані до 9, в другому – до 9,5 і т.д. до рН 11. Сухе вапно (СаО) додають невеликими порціями. При цьому слід фіксувати об'єм розчину або масу реагенту, потрібного для доведення рН до заданого значення. Через 30 хвилин воду фільтрують, у фільтраті визначають залишкову жорсткість води та кінцеве значення рН. Отримані результати зводять у табл. 8.3.

Таблиця 8.3 – Залежність процесу пом'якшення води від рН розчину

рН розчину		Реагент	Витрата реагенту, мг/дм ³	Об'єм 0,1Н розчину трилону Б, см ³	Залишкова жорсткість води, мг-екв/дм ³	Ступінь пом'якшення, Z, %
початкова	кінцева					
9,0						
9,5						
10,0						
10,5						
11,0						

Слід порівняти результати, отримані при різних значеннях рН для кожного реагенту, а також ефективність різних реагентів між собою при однакових рН.

Визначення впливу температури на ефективність реагентного пом'якшення води

У п'яти хімічних стаканах з водопровідною водою розчином реагенту доводять реакцію середовища до певного значення рН (9, 10, 11). Потім

витримують розчини 30 хвилин при різних температурах: 25, 35, 50, 80, 100 °С. Після охолодження розчини фільтрують. Визначають залишкову жорсткість та рН води. Результати зводять в табл. 8.4.

Таблиця 8.4 – Залежність процесу пом'якшення води від температури

Температура, °С	рН води		Об'єм розчину трилону Б, см ³	Залишкова жорсткість води, мг-екв/дм ³	Ступінь пом'якшення, Z, %
	початкова	кінцева			
25	9 (10)				
35	9 (10)				
50	9 (10)				
80	9 (10)				
100	9 (10)				

СПОСТЕРЕЖЕННЯ ТА ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Визначення ступеню пом'якшення реагентним методом

Ступінь пом'якшення води (%) розраховують за формулою:

$$Z = \left(1 - \frac{Ж_k}{Ж_0}\right) \cdot 100\% \quad (8.4)$$

$Ж_k$ – залишкова жорсткість води, мг-екв/дм³, $Ж_0$ – початкова жорсткість води, мг-екв/дм³.

Розрахувавши Z для всіх приведених випадків (реактивів, рН, температур) отримані значення вносять відповідно в табл. 8.3 та табл. 8.4.

На основі отриманих результатів необхідно побудувати графіки залежності:

- Залишкова жорсткість води від вихідного рН середовища, $Ж_k = f(pH)$,
- Ступінь пом'якшення води від вихідного рН середовища, $Z = f(pH)$,
- Залишкова жорсткість води від температури, $Ж_k = f(T)$,
- Ступінь пом'якшення води від температури, $Z = f(T)$,

ВИСНОВКИ

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Беличенко Ю.П. Замкнутые системы водообеспечения химических производств. – М.: Химия, 1990. – 208 с.
2. Лившиц О.В. Справочник по водоподготовке котельных установок. – М.: Энергия, 1976. – 237 с.
3. Амиров А. Ионобменная очистка сточных вод, растворов и газов. – Л.: Химия, 1983. – 295 с.
4. Абрамов Н.Н. Водоснабжение: Учеб. для вузов. – 3-е изд. – М.: Стройиздат, 1982. – 440 с.
5. Николадзе Г.И. Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1989. – 496 с.
6. Бабенко Е.Д. Очистка воды коагулянтами. – М.: Наука. – 1977. – 210 с.
7. Кульский Л.А. Теоретические основы и технологии кондиционирования воды. – К.: Наук. думка, 1983. – 560 с.
8. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод. – К.: Вища шк., 1986. – 352 с.
9. Кульский Л.А. Основы химии и технологии воды. – К.: Наук. думка, 1991. – 568 с.
10. Руденко Г.Г., Гороновский И.Т. Удаление примесей из природных вод на водопроводных станциях. – К.: Будівельник, 1976. – 205 с.

ЗМІСТ

Передмова.....	
Лабораторна робота №1. Вивчення процесу коагуляції.....	5
Лабораторна робота №2. Проведення пробного коагулювання.....	17
Лабораторна робота №3. Визначення динамічної та характеристичної в'язкості флокулянту.....	25
Лабораторна робота №4. Визначення молекулярної маси флокулянтів.....	32
Лабораторна робота №5. Освітлення води при використанні флокулянтів.....	40
Лабораторна робота №6. Дослідження процесів очищення води методом флотації.....	45
Лабораторна робота №7. Дослідження процесу освітлення водних суспензій на насипних механічних фільтрах.....	56
Лабораторна робота №8. Реагентне пом'якшення води.....	68
Список рекомендованої літератури.....	74