

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Кафедра водопостачання, водовідведення та бурової справи

03-06-106

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни
«Якісні показники природних та стічних вод»
(розділ «Стічні води») для здобувачів вищої освіти першого
(бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою
«Водопостачання та водовідведення» спеціальності 192
«Будівництво та цивільна інженерія» денної форми навчання

Рекомендовано науково –
методичною радою
з якості ННІ БА
Протокол № 5 від 05.05.2020 р.

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Якісні показники природних та стічних вод» (розділ «Стічні води») для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Водопостачання та водовідведення» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної форми навчання [Електронне видання] / Квартенко О. М., Романенко Т. В. – Рівне : НУВГП, 2020. – 29 с.

Укладачі: Квартенко О. М., д-р. техн. наук, доцент, професор кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи; Романенко Т. В., завідувач гідрохімічної лабораторії.

Відповідальний за випуск: Мартинов С. Ю., д-р. техн. наук, професор, завідувач кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Керівник групи забезпечення спеціальності: Бабич Є. М., д-р. техн. наук, професор.

©Квартенко О. М.,
Романенко Т. В., 2020
©НУВГП, 2020

ЗМІСТ

Вступ	4
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6. Дослідження процесу коагуляції природних і стічних вод	4
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7. Дослідження вилучення із природних вод катіонів жорсткості Ca^{2+}, Mg^{2+} на катіонітових фільтрах	9
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8. Визначення масової концентрації амоній-іонів та ортофосфатів у стічних водах	14
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №9. Визначення концентрацій іонів Cr^{6+} та Ni^{+} в оборотних водах гальванічного виробництва	20
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №10. Визначення іонів заліза у природних водах	24
Рекомендована література	29

ВСТУП

Дисципліна «Якісні показники природних і стічних вод» знайомить студентів із властивостями природних, оборотних та стічних вод, як складних багатокомпонентних систем, які використовуються в різних галузях народного господарства.

Розуміння суті фізико-хімічних процесів, які відбуваються у природному середовищі, а також на спорудах очищення природних та стічних вод, необхідні для подальшого вивчення дисциплін, які складають основу знань спеціалізації «Водопостачання та водовідведення спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Основною метою даних методичних вказівок є ознайомлення студентів з основними якісними показниками природних, стічних та оборотних вод, які обумовлюють вибір методу їх очищення, досягнення свідомого засвоєння фізико-хімічної сутності процесів, які відбуваються на спорудах очищення і підготовки, розвитку в студентів навичок роботи в лабораторії і постановки хімічного експерименту.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Дослідження процесу коагуляції природних і стічних вод

Мета роботи: визначення оптимальної дози коагулянту при обробці досліджуваних вод із відповідними параметрами каламутності, кольоровості, рН та лужності.

Прилади і матеріали: універсальний іономір (рН метр), фотоелектроколометр КФК-3, циліндри місткістю 500 см³ 8 шт., бюретка місткістю 25 см³, піпетки Мора місткістю 20см³, піпетки мірні різної місткості, колби конічні місткістю 250 см³, паперові фільтри «біла стрічка», хром-кобальтова шкала кольоровості (1⁰ – 70⁰), каолінова шкала каламутності (0,5-50) мг/дм³, 0,1н розчин соляної кислоти, індикатор метилоранж.

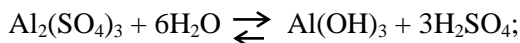
Загальні відомості.

Для видалення з води речовин, які зумовлюють її колір та каламутність, застосовують *обробку води коагулянтами*. Як коагулянти використовують солі алюмінію і заліза: сульфат алюмінію, сульфат заліза (II), сульфат заліза (III), хлорид алюмінію, хлорид заліза (II), хлорид заліза (III), змішаний коагулянт, який складається із сульфату алюмінію та хлориду заліза, взятих у співвідношенні 1:1 або 1:2 та ін.

Коагулянти – це солі сильних кислот і слабких основ, і тому при введенні у воду вони гідролізуються.

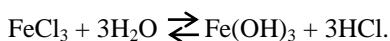
Гідролізом називається реакція розкладання речовини водою, в результаті якої відбувається зв'язування продуктів розкладу з одним або обома йонами води з утворенням малодисоційованих або важкорозчинних речовин. Гідроліз солей супроводжується зміною величини рН середовища:

пряма реакція→

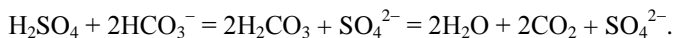


← зворотна реакція

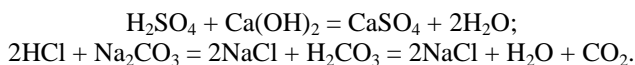
або:



Реакції гідролізу оборотні. Тому, щоб забезпечити повноту протікання гідролізу (пряма реакція), необхідно зв'язувати (нейтралізувати) кислоту, що утворюється при гідролізі. Цю функцію виконують присутні в природних водах гідрокарбонат-іони (HCO_3^-), які зумовлюють природну лужність води:



Якщо лужність оброблюваної води невелика, або застосовується значна доза коагулянту, кислота, що утворюється при гідролізі коагулянту, може нейтралізуватись неповністю. Наслідком цього є погіршення процесу утворення пластівців, поява у воді залишкового алюмінію або заліза. Щоб уникнути цього, воду додатково підлужовують введенням вапна $\text{Ca}(\text{OH})_2$ або соди Na_2CO_3 :



Гідроксиди алюмінію та заліза надзвичайно мало розчиняються у воді і виділяються з неї у вигляді колоїдних позитивно заряджених частинок з великою сумарною поверхнею.

Гумусові речовини, що надають воді забарвлення, і частинки порід і ґрунтів, які визначають її каламутність, являють собою негативно заряджені колоїди. Внаслідок великої вільної поверхневої енергії і різності зарядів ці дві системи взаємодіють: на позитивно зарядженій поверхні гідроксидів добре адсорбуються гумусові речовини, а самі

частинки гідроксидів адсорбуються на поверхні частинок ґрунту, глини та інших завислих речовин.

Разом з тим наявність у воді від'ємно заряджених іонів призводить до коагуляції колоїдних частинок гідроксидів, тобто відбувається зниження їх заряду і втрата ними стійкості. В результаті цього частинки починають злипатися між собою, створюючи так звану *надміцелярну структуру*. Остання під впливом гідродинамічних сил потоку розривається у найслабших місцях, внаслідок чого утворюються мікропластівці, котрі потім укрупнюються при взаємних зіткненнях. Осідання такої коагульованої зависі призводить до видалення із води речовин, які надають їй каламутності й забарвлення.

Для успішного перебігу процесу необхідно правильно вибрати дозу коагулянту.

Оптимальною називається така найменша доза коагулянту, яка забезпечує забарвлення очищеної води < 20 град. при мінімальній її каламутності і доброму утворенні пластівців (достатньо швидке утворення великих, добре осідаючих пластівців).

Оптимальна доза коагулянту залежить від природи й інтенсивності забарвлення оброблюваної води, її каламутності, лужності, рН, температури. Цей показник визначають під час пробного коагулювання води різними дозами коагулянту.

Тому перед проведенням процесу коагуляції попередньо визначають кольоровість, каламутність, лужність та рН досліджуваної води. При встановленні оптимальної дози коагулянту ці показники є важливими критеріями оцінки якості обробленої води.

6.1 Визначення кольоровості води

Метод фотометричного визначення кольоровості засновано на вимірюванні оптичної густини або коефіцієнта проникнення аналізованої проби води при фіксованій довжині хвилі з наступним визначенням кольоровості за градуовальною характеристикою, установленою для водних розчинів шкали кольоровості. Для побудови градуовальної характеристики (графіка) вимірюють оптичну густину розчинів за хром-кобальтовою шкалою кольоровості при довжині хвилі 413 нм в оптичних кюветах товщиною поглинаючого шару 5 см відносно дистильованої води (холоста проба). Будують градуовальник графік у вигляді залежності оптичної густини розчинів шкали кольоровості D (вісь Y) від значень кольоровості за шкалою кольоровості цих розчинів (від 1^0 до 70^0) (вісь X), при цьому коефіцієнт лінійності кореляції повинен бути не менш 0,995.

Виконання вимірювань

Визначенню кольоровості заважає каламутність води, тому перед визначенням пробу фільтрують через паперовий фільтр “біла стрічка”. Вимірюють оптичну густину проби аналізованої води при довжині хвилі 413 нм в тих же кюветах, які використовували для побудови градуовального графіка, відносно дистильованої води (холоста проба) і знаходять кольоровість за градуовальним графіком. Якщо кольоровість аналізованої проби води більше 70^0 , пробу води розбавляють дистильованою водою і величину кольоровості помножують на кратність розведення.

6.2 Визначення каламутності води

Для визначення каламутності води використовується фотометричний метод з побудовою градуовального графіка на основі стандартної шкали суспензії каоліну з діапазоном величин $0,5-50$ мг/дм³. Вимірювання проводять на фотоколориметрі КФК-3 при довжині хвилі 540 нм в кюветах з товщиною поглинаючого шару 5 см відносно дистильованої води.

Отримані результати наносять на градуовальник графік залежності оптичної густини (вісь Y) від концентрації (каламутності) стандартної шкали каолінової суспензії (вісь X), при цьому коефіцієнт лінійності кореляції повинен бути не менш 0,995.

Виконання вимірювань

В оптичні кювети з товщиною поглинаючого шару 5 см додають ретельно перемішану пробу води і вимірюють оптичну густину при довжині хвилі 540 нм. В якості розчину порівняння (холоста проба) використовують фільтрат досліджуваної проби води. За градуовальним графіком визначають каламутність води в мг/дм³. Якщо каламутність аналізованої проби води більше 50 мг/дм³, пробу води розбавляють дистильованою водою і величину каламутності помножують на кратність розведення.

6.3 Визначення рН та лужності води

Виконання вимірювань

Визначення величини рН та лужності води виконують за методикою №2. При наявності каламутності пробу води перед

визначенням лужності необхідно профільтрувати через паперовий фільтр “біла стрічка”.

6.4.Визначення оптимальної дози коагулянту

Виконання вимірювань

У 8 циліндрів наливають по 500см^3 досліджуваної води. У кожний циліндр вводять градуйованою мірною піпеткою розчин коагулянту згідно таблиці 1 і ретельно перемішують воду у циліндрах мішалкою 10 разів. Відмічають початок досліду.

Таблиця 1

Номер циліндра	1	2	3	4	5	6	7	8
Об’єм розчину коагулянту, що вводиться до циліндру, $v_k, \text{см}^3$	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Доза коагулянту, яка відповідає введеному об’єму розчину, $D_k, \text{мг/дм}^3$	50	100	150	200	250	300	350	400

Оброблена коагулянтом вода в циліндрах відстоюється протягом 0,5 години. Під час відстоювання води відмічають початок утворення пластівців ($t_{пл}$) і початок їх осідання ($t_{ос}$), а також вид пластівців (великі, маленькі, рихлі, щільні).

Через 0,5 години верхній шар води у циліндрах ($\approx 150 \text{ см}^3$) обережно відбирають у чисті колби, ретельно перемішують і вимірюють каламутність (К). Після цього воду відфільтровують через паперовий фільтр і визначають її кольоровість (З), лужність (Л) та рН. Результати оформлюють у вигляді таблиці 2:

Таблиця 2

№ циліндра	Доза коагулянту $D_k, \text{мг/дм}^3$	Час, хв.		Вид пластівців	Показники якості води після обробки її коагулянтом			
		$t_{пл}$	$t_{ос}$		К, мг/дм^3	З, град.	Л, ммоль/дм^3	рН

На основі проведених дослідів графічно виражають залежність каламутності, кольоровості, рН та лужності обробленої коагулянтном води від дози введеного коагулянту і визначають його оптимальну дозу.

Контрольні запитання.

1. Які реагенти виступають у ролі коагулянту.
2. Надати визначення процесів гідролізу і коагуляції.
3. Як впливає лужність на ефективність процесу коагуляції.
4. Прямі та зворотні реакції в процесі коагуляції.
5. Описати процес коагуляції гумусових речовин.
6. Від яких параметрів залежить оптимальна доза коагулянту.
7. Що називається оптимальною дозою коагулянту.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Дослідження вилучення із природних вод катіонів жорсткості Ca^{2+} , Mg^{2+} на катіонітових фільтрах

Мета роботи: вивчення процесу вилучення із природних вод катіонів жорсткості Ca^{2+} , Mg^{2+} на катіонітових фільтрах, тобто процесу пом'якшення води.

Прилади: пілотна установка, секундомір, колби місткістю 250 см³; бюретки для титрування – 2 шт.; піпетки місткістю 10 см³ – 2 шт.; циліндри місткістю 100 см³ – 5 шт.

Реактиви: 0,05Н розчин трилону Б; аміачний буферний розчин (рН 10), суха суміш індикатору ЕТ-90.

Загальні відомості.

Пом'якшення води за методом іонного обміну базується на властивостях іонообмінних матеріалів, або катіонітів, поглинати з розчинів катіони кальцію та магнію. Внаслідок реакції катіоніт віддає у воду замість поглинених катіонів кальцію та магнію обмінні катіони. Залежно від того, яким обмінним іоном „заряджений” катіоніт: натрієм, воднем або амонієм - розрізняють процеси Na , H^{\oplus} , NH_4 - катіонування.

При пом'якшенні води, яка містить іони кальцію та магнію, Na -катіонуванням кальцій та магній будуть переходити у катіоніт, а натрій з катіоніту буде переходити у воду. Внаслідок обмінної реакції кальцій та магній займуть місце витисненого натрію у катіоніті, а натрій займе місце магнію та кальцію в пом'якшеній воді. Обмін іонів між

катіонітом і розчинами (водою) відбувається еквівалентно: з катіоніту іони Na^+ витискаються в кількості, еквівалентній кількості іонів Ca^{2+} та Mg^{2+} , які поглинаються з розчину.

Обмін іонів є не тільки еквівалентним, але й зворотнім процесом. Зворотність обміну іонів полягає в тому, що швидкість обміну іона, який був витиснений з катіоніта, та іона, який було поглинено із розчину, при умовах рівноваги, практично однакова.

Під час проведення процесу Na - катіонування в практиці головною метою є максимальне використання іонообмінної здатності катіоніту, тому що від неї і міри іонізації активних груп катіоніту залежить ефективність застосування іонообмінного процесу.

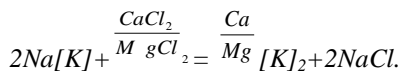
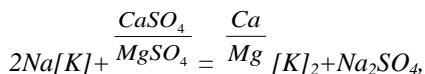
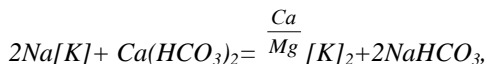
Важливий вплив на обмінну здатність катіоніту має природа поглинених катіонів. Будь-який катіон може поглинатися катіонітом повністю, проте величина робочої ємкості поглинання при цьому буде залежати від того, який саме катіон поглинається.

Інтенсивність поглинання підпорядкована визначеній закономірності: $\text{Na}^+ < \text{NH}_4^+ < \text{K}^+ < \text{Mg}^{2+} < \text{Ca}^{2+}$. Відповідно кожний наступний катіон поглинається катіонітом більш інтенсивно, ніж попередній.

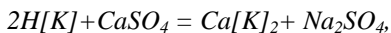
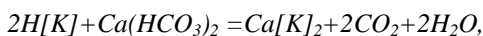
На практиці катіонітове пом'якшення води здійснюється шляхом її фільтрування через шар катіоніту, який завантажений в спеціальні фільтри. В якості катіонітів застосовують штучно отриманні матеріали. Найбільш часто застосовуються сульфовугілля та іонообмінні смоли, зокрема КУ-2.

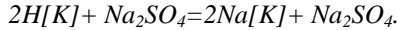
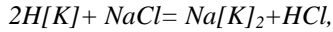
Процеси пом'якшення можуть бути подані наступними схематичними реакціями у молекулярній формі:

Na -катіонування:



H - катіонування:



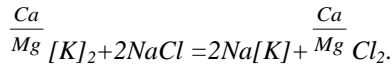


Аналогічний характер будуть мати реакції Н-катіонування по відношенню до магнієвих солей.

Як бачимо з наведених вище реакцій, після пом'якшення води катіонітовим способом вона має або високу залишкову лужність (при Na-катіонуванні у випадку високої карбонатної жорсткості вихідної води), або підвищену кислотність (при Н-катіонуванні у випадку підвищеного вмісту у вихідній воді хлористих та сірчано-кислих солей).

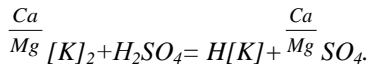
Під час фільтрування жорсткої води через шар катіоніту він поступово втрачає здатність пом'якшувати воду. Вся обмінна здатність катіоніту буде вичерпана тоді, коли всі активні групи витратять іони натрію або водню і будуть замінені іонами кальцію та магнію.

Регенерація Na-катіоніту досягається пропусканням крізь нього розчину з великим вмістом натрію, наприклад 10%-ним розчином хлориду натрію:



Отримані в процесі фільтрування через катіоніт розчини солей кальцію та магнію скидаються у дренаж з наступною відмивкою катіоніта від продуктів регенерації.

Регенерація Н-катіоніту досягається пропусканням через нього розчину сірчаної або соляної кислоти (частіше всього застосовують 1 – 5% розчин сірчаної кислоти):



Затримані катіонітом іони кальцію та магнію при регенерації його кислотою заміщаються водневими іонами кислоти.

На період регенерації катіоніту фільтри по черзі вимикають з роботи. Процес регенерації включає наступні операції: розпушування катіоніту; регенерація катіоніту; відмивка катіоніту від продуктів регенерації і невитраченого регенераційного розчину.

Схема установки

Установка складається (рис.1) з бачка постійного рівня 1 з переливною трубою, вертикального Na-катіонітового фільтра 2, збірної ємності 3, трубопроводів з вентилями, утримуючого штатива 4. Крім цього, до схеми додається ємність для приготування регенеруючого розчину.

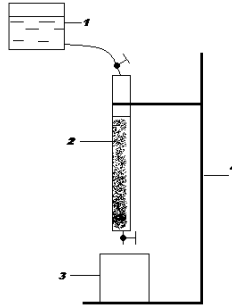


Рис 1. Схема одноступеневої Na- катіонітової установки.

Фільтр складається із скляної трубки висотою 300 мм із внутрішнім діаметром 20 мм. Зверху і знизу фільтра розташовані щілинні ковпачки, які забезпечують рівномірний розподіл води, яка подається на фільтр, і безпеку виносу зерен катіоніту. Фільтр завантажений катіонітом – КУ-2-8 висотою шару 150-200мм. Фільтр має трубопроводи з запірною арматурою, перемиканням якої здійснюється потрібний напрямок потоків води і регенераційного розчину залежно від операцій, які проводяться на фільтрі.

Приготування розчину хлориду натрію для регенерації проводиться у солерозчиннику (прозорій посуді із оргскла розміром у плані 150x150 мм і висотою 500мм). Розчин хлориду натрію, який отримуються в ньому, для прояснення фільтрують через шар піску.

Для створення постійного напору водопровідна вода на установку подається через бак постійного рівня 1.

Хід роботи

Пом'якшення води. Вода подається на фільтр зверху вниз із швидкістю фільтрування $V^a=10 - 25$ м/год (залежно від жорсткості вихідної води). Для цього на установці вода пропускається через шар

катіоніту (2) та відводиться з установки. Швидкість фільтрування визначається за формулою:

$$V^a = \frac{Q}{F}, \text{ м/год} \quad (1)$$

де F - площа фільтра в м^2 ; Q - витрата води, в $\text{м}^3/\text{год}$, яка проходить через фільтр. Вона визначається об'ємним способом:

$$Q = \frac{W}{t}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (2)$$

де W - об'єм мірної колби, в м^3 ; t - час наповнювання мірної колби, в год. Тривалість корисної роботи фільтра між регенераціями складає 8-12 год.

Контроль пом'якшення води

Ця операція полягає у періодичному контролі за якістю пом'якшеної води і у визначенні моменту переведення фільтра на наступні операції. Для забезпечення контролю в кінчну колбу вводять мірним циліндром 100см^3 води, яку досліджують, додають 5 см^3 буферного розчину та $0,1\text{ г}$ сухої суміші індикатора ЕТ-90. Розчин перемішують та повільно титрують $0,05\text{Н}$ розчином трилону Б до зміни забарвлення від винно-червоного до яскраво-блакитного. При подальшому додаванні трилону Б колір його та інтенсивність не змінюються. Розрахунок жорсткості \mathcal{J}_3 проводять за формулою:

$$\mathcal{J}_z = \frac{V \cdot N \cdot 1000}{a}, \text{ ммоль/дм}^3 \quad (3)$$

де, V – об'єм розчину трилону Б, см^3 , який витратили на титрування; N – нормальність розчину трилону Б: $0,05\text{Н}$; a – об'єм води, см^3 , який було взято для визначення.

Дані лабораторної роботи записують у таблицю 3 та будують залежність $\mathcal{J}_3 = f(Q_i)$.

Таблиця 3

Об'єм фільтрату, $Q_i, \text{см}^3$								
Жорсткість води, $\mathcal{J}_3, \text{ммоль/дм}^3$								

Контрольні запитання

1. Сутність методу вилучення із природних вод катіонів жорсткості Ca^{2+} , Mg^{2+} на катіонітових фільтрах.
2. Визначення терміну робочої обмінної ємкості катіонітових фільтрів.
3. Яку величину залишкової лужності (при Na -катіонуванні) має вода після пом'якшення?
4. Яким чином відбувається процес регенерації Na -катіоніту?
5. Які реагенти застосовуються при регенерації H -катіонітового фільтра?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

Визначення масової концентрації амоній-іонів та ортофосфатів у стічних водах

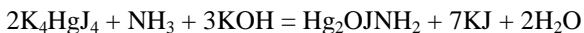
Мета роботи: визначення концентрації амоній-іонів та ортофосфатів у стічних водах.

8.1. Визначення масової концентрації амоній-іонів

Прилади і матеріали: фотоколориметр КФК-3; мірні колби місткістю 50 см^3 ; циліндри місткістю 50 см^3 ; піпетки $1\text{-}10 \text{ см}^3$; реактив Неслера; сегнетова сіль 50% розчин; Державний стандартний зразок складу розчину амоній-іонів 1 мг/см^3 ; катіоніт КУ-2-8; скляний хімічний посуд, вода дистильована.

Загальні відомості

Запропонований метод визначення масової концентрації катіона амонію заснований на його реакції з реактивом Неслера з утворенням забарвленої в лужному середовищі в жовтий колір сполуки.



Заважаючий вплив заліза та солей жорсткості усувають додаванням до проби сегнетової солі.

Фотоколориметричним методом вимірюють оптичну густину забарвлених розчинів. Оптимальним для вимірювання оптичної густини є використання довжини хвилі $\lambda=440 \text{ нм}$. За градуальною характеристикою визначають масову концентрацію амоній-іонів у пробі

води. Дистильовану воду перевіряють на наявність аміаку та іонів амонію (до 5 см^3 води додають $0,1 \text{ см}^3$ реактива Несслера).

При виявленні аміаку (з'являється жовтувате забарвлення) дистильовану воду пропускають через колонку з активованим вугіллям, катіонитом в Н-формі або кип'ятять в колбі до зменшення об'єму на $1/3$. Чутливість методу $0,05 \text{ мг/дм}^3$ іонів амонію.

Побудова градуувальної характеристики

У мірні колби місткістю 50 см^3 піпеткою відміряють необхідний об'єм вихідного розчину з масовою концентрацією амоній-іона, 5 мг/дм^3 згідно таблиці 4, додають 1 см^3 50% розчину сегнетової солі, 1 см^3 реактиву Несслера, доводять об'єм розчину до позначки без аміачною водою і ретельно перемішують. Через 10 хвилин вимірюють оптичну густину на фотоелектроколориметрі з довжиною хвилі $\lambda=440 \text{ нм}$ в оптичній кюветі довжиною 50мм відносно холостої проби (дистильована вода з додаванням реактивів для аналізу)

Таблиця 4

№ розчину для побудови градуувальної характеристики	Об'єм стандартного розчину $5 \text{ мг/дм}^3, \text{ см}^3$	Масова концентрація амоній-іонів у розчині для побудови градуувальної характеристики, мг/дм^3
1	1,0	0,1
2	2,0	0,2
3	4,0	0,4
4	6,0	0,6
5	8,0	0,8
6	10,0	1,0

Градуувальну характеристику будують графічно в координатах: масова концентрація амоній-іонів в мг/дм^3 (вісь X)- оптична густина розчину (вісь Y), або розраховують методом найменших квадратів.

Виконання вимірювань

В мірну колбу місткістю 50 см^3 вміщують аліквотний об'єм проби води, піпеткою додають $1,0 \text{ см}^3$ 50% сегнетової солі, $1,0 \text{ см}^3$ реактива Несслера. Доводять об'єм до позначки без аміачною водою і ретельно перемішують. Виконання вимірювань оптичної густини проводять через 10 хвилин за допомогою фотоелектро-колориметра з

довжиною хвилі $\lambda=440$ нм в оптичній кюветі довжиною 50мм відносно холостої проби (дистильована вода з додаванням реактивів для аналізу).

За градувальним графіком знаходимо графічне значення масової концентрації амоній-іона в мг/дм³.

Масову концентрацію амоній-іона, мг/дм³, знаходимо за формулою:

$$\rho_i = \frac{\rho_{гр} \cdot k \cdot 50}{V}, \quad (4)$$

де: $\rho_{гр}$ - масова концентрація амоній-іона у розчині, знайдена за допомогою попередньо розрахованих параметрів градувальної характеристики, мг/дм³; k - ступінь попереднього розбавлення вихідної проби ($k = 1$, якщо попереднє розбавлення вихідної проби не проводили); 50 - об'єм мірної колби, що використовується для аналізу, см³; V - об'єм аліквоти проби (попередньо розбавленої проби), взятий для аналізу, см³; i - номер одиничного вимірювання, $i = 1, 2$.

Результат обчислень заокруглюють і записують до другої значущої цифри.

Результат вимірювань масової концентрації амоній-іона розраховують за формулою (5) як середнє арифметичне результатів двох паралельних одиничних вимірювань, ρ_1, ρ_2 :

$$\rho = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} \quad (5)$$

Результати вимірювання масової концентрації амоній-іона записуємо в таблицю 5

Таблиця 5

Номер проби	Об'єм проби для аналізу, см ³	Оптична густина	Графічне значення концентрації амоній-іона, мг/дм ³	Розрахункове значення концентрації амоній-іона, мг/дм ³

8.2. Визначення масової концентрації ортофосфатів у воді

Прилади і матеріали. Фотоелектроколориметр КФК-3 укомплектований кюветами з робочою довжиною 50 мм і червоним

світлофільтром; колби мірні 50 см³; піпетка мірна градуйована 1-10 см³; циліндри мірні 50, 100, см³, Державний стандартний зразок складу розчину фосфат-іонів з атестованим значенням масової концентрації фосфат-іонів 0,5 мг/см³, амоній молібденовокислий 2,8%, кислота аскорбінова 2,1%, калій сурм'яновинно-кислий 0,07%, кислота сульфамінова, кислота сірчана 2,5 моль/дм³, вода дистильована.

Загальні відомості

Метод вимірювання масової концентрації розчинених ортофосфатів базується на реакції взаємодії фосфат-іонів з амонієм молібденовокислим у кислому середовищі у присутності калію сурм'яновиннокислого з утворенням фосфорномолібденової гетерополікислоти, яка при додаванні відновника перетворюється в інтенсивно забарвлену синю сполуку - "молібденову синь". Забарвлення за кімнатної температури розвивається протягом 10-15 хвилин і є стабільним протягом 24 годин при використанні в якості відновника кислоти аскорбінової.

Фотометричним методом вимірюють оптичну густину забарвленого розчину. Оптимальним для вимірювання оптичної густини є використання червоного світлофільтра з довжиною хвилі $\lambda = 710$ нм або найближчих до них світлофільтрів.

За градуовальною характеристикою визначають масову концентрацію розчинених ортофосфатів в пробі води. Розрахунковим методом встановлюють масову концентрацію розчинених ортофосфатів у вихідній пробі. Чутливість методу 0,05мг/дм³ розчинених ортофосфатів.

Приготування "змішаного реактиву"

У мірний циліндр місткістю 250 см³ вносять 125 см³ розчину концентрованої кислоти сірчаної, мірними циліндрами додають 50 см³ розчину амонію молібденовокислого, 50 см³ розчину кислоти аскорбінової, 25 см³ розчину калію сурм'яновиннокислого і вмішують наважку кислоти сульфамінової масою (2,5±0,1) г. Суміш перемішують до розчинення кислоти сульфамінової.

Розчин придатний до застосування при зберіганні у закоркованій склянці в умовах лабораторії протягом 24 годин.

Побудова градуовальної характеристики

У мірні колби місткістю 50 см³ послідовно за допомогою піпеток відміряють необхідний об'єм стандартного розчину з масовою концентрацією розчинених ортофосфатів 2,5 мг/дм³ (згідно табл.6),

мірним циліндром додають води дистильованої по 30 - 40 см³, перемішують, піпеткою додають по 5 см³ “змішаного реактиву” і доводять об’єми розчинів до позначки водою бідистильованою, ретельно перемішують.

Одночасно готують холосту пробу: у мірну колбу місткістю 50 см³ мірним циліндром відміряють води дистильованої 30 - 40 см³, піпеткою до дають 5 см³ “змішаного реактиву” і доводять об’єм розчину до позначки водою дистильованою, ретельно перемішують.

Відомості про об’єми стандартного розчину для приготування розчинів для побудови градуовальної характеристики, відповідні масові концентрації розчинених ортофосфатів у цих розчинах наведено у таблиці 6. За допомогою фотоелектроколориметра, з використанням червоного світлофільтра $\lambda = 710$ нм та кювет з робочою довжиною 50 мм вимірюють оптичну густину градуовальних розчинів відносно холостої проби, яка готується з дистильованої води з додаванням “змішаного реактиву”.

За методом найменших квадратів розраховують параметри лінійної градуовальної характеристики: оптична густина, $D_{(710)}$ - масова концентрація розчинених ортофосфатів – C , мг/дм³, для діапазону градування від 0,05 до 0,50 мг/дм³ включно.

Таблиця 6

Відомості про розчини для побудови градуовальної характеристики

№ розчину для побудови градуовальної характеристики	Об’єм вихідного розчину, см ³	Масова концентрація розчинених ортофосфатів у розчині для побудови градуовальної характеристики, мг/дм ³
1	1,00	0,05
2	1,50	0,075
3	2,00	0,10
4	5,00	0,25
5	10,00	0,50

Виконання вимірювань

В мірну колбу місткістю 50 см³ вміщують аліквотний об’єм проби води, розбавляють дистильованою водою приблизно до 40 см³, піпетками додають 5 см³ “змішаного реактиву” або окремо 1 см³ розчину кислоти аскорбінової, 0,5 см³ розчину кислоти сульфамінової, 0,5 см³ розчину калію сурм’яновиннокислого, 1 см³ розчину амонію молібденовокислого, 2,5 см³ розчину кислоти сірчаної. Об’єм розчину доводять до позначки

дистильованою водою, ретельно перемішують і залишають на 10 - 15 хвилин для розвинення забарвлення (при температурі оточуючого повітря нижче 15⁰С забарвлення може не розвиватися або розвиватися довше, ніж 15 хвилин).

Одночасно готують холосту пробу. Для цього у мірну колбу місткістю 50 см³ вміщують приблизно 40 см³ дистильованої води, додають ті ж самі реактиви і у тих же кількостях, які були використані для підготовки проб.

Якщо проба має чітку забарвленість або дещо каламутна навіть після фільтрування, додатково готують пробу для врахування забарвленості. Для цього піпеткою відбирають таку аліквоту проби (попередньо розведеної проби), яку використовували при виконанні операцій вміщують її у мірну колбу місткістю 50 см³, розбавляють дистильованою водою приблизно до 40 см³, піпетками додають 1 см³ розчину кислоти аскорбінової, 0,5 см³ розчину кислоти сульфамінової, 2,5 см³ розчину кислоти сірчаної. Об'єм розчину доводять до позначки дистильованою водою, ретельно перемішують.

Виконання вимірювань проводять через 10-15 хвилин після завершення процедури пробо-підготовки.

Вимірюють оптичну густину отриманих розчинів за допомогою фотоелектроколориметра КФК-3 з червоним світлофільтром ($\lambda = 710$ нм) (розчин порівняння – холоста проба). Використовують кювети з робочою довжиною 50 мм.

Результат вимірювання масової концентрації ортофосфатів у вихідній пробі, мг/дм³, знаходять за формулою:

$$\rho_i = \frac{\rho_{гр} \cdot k \cdot 50}{V}, \quad (6)$$

де: $\rho_{гр}$ - масова концентрація розчинених ортофосфатів у розчині, знайдена за допомогою попередньо розрахованих параметрів градувальної характеристики, мг/дм³; k - ступінь попереднього розбавлення вихідної проби ($k = 1$, якщо попереднє розбавлення вихідної проби не проводили); 50 - об'єм мірної колби, що використовується для аналізу, см³; V - об'єм аліквоти проби (попередньо розбавленої проби), взятий для аналізу, см³; i - номер одиничного вимірювання, $i = 1, 2$.

Результат обчислень заокруглюють і записують до другої значущої цифри.

Результат вимірювань масової концентрації розчинених ортофосфатів, мг/дм³, розраховують за формулою (7) як середнє арифметичне результатів двох паралельних одиничних вимірювань, ρ_1, ρ_2 :

$$\rho = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}, \quad (7)$$

Результати вимірювання масової концентрації розчинених ортофосфатів записують в таблицю 7

Таблиця 7

Номер проби	Об'єм проби для аналізу, см ³	Оптична густина	Графічне значення концентрації ортофосфатів, мг/дм ³	Розрахункове значення концентрації ортофосфатів, мг/дм ³

Контрольні запитання.

1. Джерела надходження амонійного азоту до природних джерел.
2. Який реагент необхідно додавати до проби задля усунення заважаючого впливу заліза?
3. Які методи застосовують для визначення катіонів амонію?
4. Які величини ГДК аміаку та йонів амонію в воді водойм та питній воді?
5. Джерела надходження фосфатів до природних вод.
6. На якій реакції базується метод вимірювання масової концентрації розчинених ортофосфатів?
7. Навіть величини ГДК ортофосфатів в воді водойм та питній воді?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

Визначення концентрацій іонів Cr⁶⁺ та Ni²⁺ в оборотних водах гальванічного виробництва

Мета роботи: оволодіння методикою кількісного колориметричного визначення іонів хрому та іонів нікелю в оборотних водах гальванічного виробництва.

Загальні відомості.

Хром потрапляє в природні води із стічними водами деяких машинобудівних, хімічних виробництв і шкіряних заводів. У них хром може зустрічатися у вигляді тривалентного катіона (Cr³⁺) або у вигляді аніонів: хромат-іонів (CrO₄²⁻) або біхромат-іонів (Cr₂O₇²⁻). Тривалентне

форма хрому стійка, і в звичайних умовах не можна припускати окислення тривалентного хрому в шестивалентний.

У розчиненому вигляді Cr^{3+} присутній тільки в кислому середовищі. У нейтральній і лужній середовищах він гідролізується з виділенням $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Шестивалентний хром може зустрічатися в лужних розчинах у вигляді CrO_4^{2-} , а в кислих розчинах - у вигляді $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$. У цій формі хром стійкий в водах, що не містять відновлювачів, якщо ж відновники присутні, то відбувається відновлення його до Cr^{3+} .

Для визначення хрому застосовується фотоколориметрический метод з дифенілкарбазидом, який можна застосовувати при вмісті хрому від 0,05 до 1,0 мг/дм³. При аналізі проб, що містять хром в великих концентраціях, пробу треба попередньо розбавити.

Проби, призначені для визначення розчиненої форми, фільтрують якомога швидше після взяття проби, ще до її консервування підкисленням. Якщо потрібно роздільне визначення тривалентного і шестивалентного хрому, то проби аналізують в день їх взяття; аналізувати пробу пізніше (не пізніше як на третю добу) можна тільки в тих випадках, коли немає підстав побоюватися відновлення шестивалентного хрому.

Метод вимірювання масової концентрації іонів хрому (IV) засновано на утворенні забарвленої сполуки при реакції взаємодії іонів хрому (IV) з дифенілкарбазидом в кислому середовищі.

Фотоколориметричним методом вимірюють оптичну густину забарвленого розчину при оптимальній довжині хвилі $\lambda = 540$ нм.

За градуальною характеристикою визначають масову концентрацію хрому (IV) в досліджуваній пробі води.

Чутливість методу 0,01 мг/дм³ іонів хрому (IV)

Прилади і матеріали. Фотоелектроколориметр КФК-3, укомплектований кюветами з оптимальною робочою довжиною 50 мм і зеленим світлофільтром; мірні колби місткістю 100 см³; циліндри місткістю 50 см³; піпетки 1-10 см³; Державний стандартний зразок складу розчину іонів хрому 1 мг/см³; сірчана кислота 1Н; фосфорна кислота 85%; дифенілкарбазид, 0,5% розчин в етиловому спирті; персульфат амонію 0,1% розчин; скляний хімічний посуд, вода дистильована.

Побудова градуальної характеристики

У мірні колби місткістю 100 см³ послідовно за допомогою піпеток відміряють необхідний об'єм стандартного розчину з масовою концентрацією іонів хрому (IV) 1,0 мг/дм³, додають 1 см³ розчину сірчаної кислоти, 0,3 см³ фосфорної кислоти, 2 см³ розчину дифенілкарбазиду і доводять до позначки дистильованою водою. Ретельно перемішують та залишають на 10 хвилин. Одночасно готують холосту пробу: у мірну колбу місткістю 100 см³ мірним циліндром відміряють води дистильованої 30 - 40 см³, дають всі реактиви для

визначення іонів хрому (IV) і доводять об'єм розчину до позначки водою дистильованою, ретельно перемішують.

Фотоколориметричним методом вимірюють оптичну густину забарвлених розчинів при оптимальній довжині хвилі $\lambda = 540$ нм відносно холостої проби. За методом найменших квадратів розраховують параметри лінійної градуовальної характеристики: оптична густина, $D_{(540)}$ (вісь Y) - масова концентрація іонів хрому (IV) C , мг/дм³ (вісь X), для діапазону градування від 0,01 до 0,2 мг/дм³ включно .

Відомості про об'єми стандартного розчину для приготування розчинів для побудови градуовальної характеристики, відповідні масові концентрації іонів хрому (IV) у цих розчинах наведено у таблиці 8.

Таблиця 8

№ розчину для побудови градуовальної характеристики	Об'єм вихідного розчину, см ³	Масова концентрація іонів хрому (IV) у розчині для побудови градуовальної характеристики, мг/дм ³
1	1,0	0,01
2	2,0	0,02
3	5,0	0,05
4	10,0	0,1
5	20,0	0,2

Виконання вимірювань

У мірну колбу ємністю 100 мл відмірюють такий обсяг прозорою проби, щоб в ньому містилося від 0,01 до 0,2 мг хрому. Пробу нейтралізують, якщо це необхідно, певною кількістю 1Н розчину NaOH або 1Н розчину H₂SO₄, яке встановлюють титруванням окремої порції проби. Потім доливають 1 мл розчин сірчаної кислоти, 0,3 см³ фосфорної кислоти, 2 см³ розчину дифенілкарбазиду і доводять об'єм дистильованою водою до 100 см³, ретельно перемішують.

Через 10 хвилин вимірюють оптичну густину забарвленого розчину ($\lambda = 540$ нм) відносно холостої проби в кюветі з робочою довжиною 50 мм.

Результат вимірювання масової концентрації іонів хрому (IV) у воді, мг/дм³, знаходять за формулою:

$$\rho_i = \frac{\rho_{zp} \cdot k \cdot 100}{V} \quad (8)$$

де: $\rho_{пр}$ - масова концентрація іонів хрому (IV) у розчині, знайдена за допомогою попередньо розрахованих параметрів градуувальної характеристики, мг/дм³; k - ступінь попереднього розбавлення проби води ($k = 1$, якщо попереднє розбавлення вихідної проби не проводили); 100 - об'єм мірної колби, що використовується для аналізу, см³; V - об'єм аликвоти проби (попередньо розбавленої проби), взятий для аналізу, см³; i - номер одиничного вимірювання, $i = 1, 2$.

Результат обчислень заокруглюють і записують до другої значущої цифри.

Результат вимірювань масової концентрації іонів хрому (IV) розраховують за формулою (9) як середнє арифметичне результатів двох паралельних одиничних вимірювань, ρ_1, ρ_2 :

$$\rho = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}, \quad (9)$$

Результати вимірювання масової концентрації іонів хрому (IV) записують в таблицю 9.

Таблиця 9

Номер проби	Об'єм проби для аналізу, см ³	Оптична густина	Графічне значення концентрації іонів хрому (IV), мг/дм ³	Розрахункове значення концентрації іонів хрому (IV), мг/дм ³

Контрольні запитання.

1. Шляхи надходження йонів хрому до природних джерел.
2. Який метод застосовується для визначення хрому?
3. При яких концентраціях хрому застосовується колориметрический метод з дифенілкарбазидом?
4. Як будується градуувальна характеристика?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 10

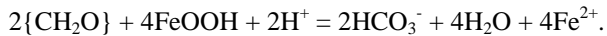
Визначення іонів заліза у природних водах

Мета роботи: Ознайомити студентів з методами визначення окисного (тривалентного), закисного (двовалентного) та загального заліза у воді.

Загальні відомості.

Залізо у воді може бути у вигляді дво- і тривалентних іонів, у вигляді органічних і неорганічних сполук його, що знаходяться в колоїдному стані або у вигляді тонкодисперсних зависів.

У відновному середовищі товщі донних відкладень протікає процес деструкції органічної речовини (умовна формула $\{CH_2O\}$), що приводить до перерозподілу форм заліза між твердою і рідкою фазами (рис. 2). Зокрема, спостерігається відновлення його гідроксидів до Fe^{2+} згідно реакції:



При цьому частина Fe^{2+} , що перейшла в розчин, переосадується в іншій мінеральній формі (карбонатній) або сорбується глинистими мінералами, гідроксидами металів і органічною речовиною, а інша частина, переважно у вигляді органічних комплексів, мігрує з низхідним потоком води водосховища в підземні води, відновне середовище яких сприяє створенню техногенної геохімічної провінції заліза (рис. 2). Вміст заліза у воді в концентрації 1 мг/л шкідливо впливає на риборозведення.

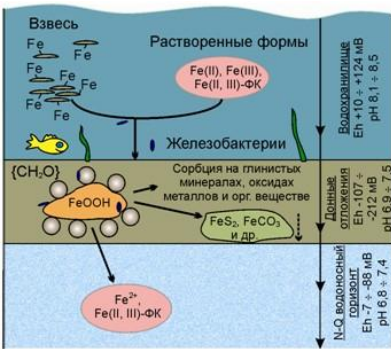


Рис. 2. Схема виносу заліза із донних відкладень у процесі фільтрації води водосховища до водоносного пласта

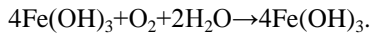
Вміст заліза у кількості більшої за $0,3\text{мг/дм}^3$ надає воді неприємного присмаку. Обумовлює помутніння і випадіння осаду. Гідрокарбонати заліза сприяють утворення накипу. При значному вмісті заліза у воді розвиваються

залізобактерії, які спричиняють звуження і, навіть, закупорку труб. При класифікації Шидловської – Овчинникової Ю.С. залізо у воді знаходиться у слідуючих формах:

$$F_{\text{зr}} = (\text{Fe}^{3+} + \text{Fe}^{2+})_{\text{р}} + F_{\text{зв}} + F_{\text{зав}}$$

В підземних водах переважає двовалентне залізо у вигляді бікарбонату заліза, стійкого при відсутності кисню і вмісті великої кількості вуглекислого газу.

При зменшенні вмісту вуглекислого газу утворюється гідрат закису двовалентного заліза: $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2 = \text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{CO}_2$, що легко окислюється потім в гідроокис заліза:



Гідроокис заліза спочатку знаходиться у колоїдному стані, а потім переходить пластівчастий осад: $4\text{Fe}(\text{OH})_3 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Крім того, залізо може знаходитись у природних водах у вигляді сульфату двовалентного заліза, що зазнає аналогічних змін.

Двовалентне залізо стійке у водному розчині тільки в сильно – кислому середовищі. На рис. 3 представлена діаграма Пурбе, що відображає стан системи залізо-вода в координатах окисно-відновний потенціал-значення рН.

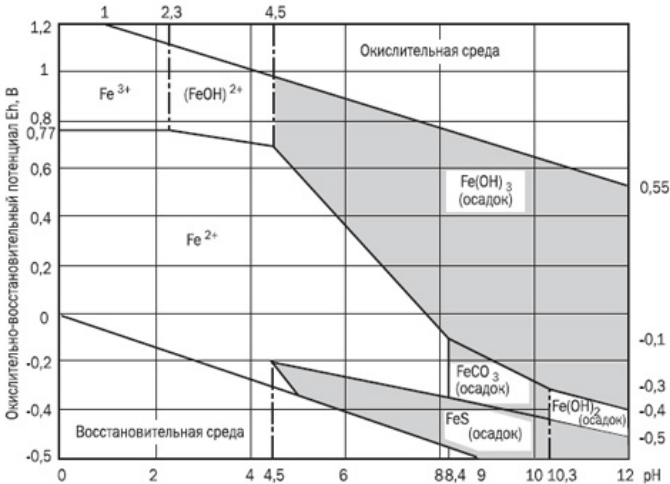
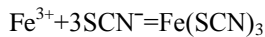


Рис.3. Діаграма Пурбе для заліза

Перехід заліза з однієї форми в іншу дозволяє отримати достовірні результати при окремому визначенні двовалентного, тривалентного, розчиненого і нерозчиненого заліза.

Точні результати можуть бути отримані лише при визначенні сумарного вмісту заліза у всіх його формах. Методи визначення заліза у воді поділяють на якісні та кількісні.

Метод визначення масової концентрації заліза у воді з використанням роданіду амонію засновано на взаємодії у сильнокислому середовищі тривалентного заліза і роданіду амонію з утворенням комплексного з'єднання роданового заліза, забарвленого в червоний колір. Інтенсивність забарвлення пропорційна концентрації заліза. Підкислення соляною кислотою перешкоджає гідролізу солей тривалентного заліза і утворенню гідроксиду заліза (III). Утворення роданового заліза відбувається за реакцією:



Окислення двовалентного заліза при визначенні вмісту загального заліза здійснюється персульфатом амонію. Концентрація двовалентного заліза визначається як різниця між концентраціями загального і тривалентного заліза. Чутливість методу 0,05 мг/л заліза. Визначенню заважають забарвлюючі речовини, високі концентрації амонію.

Прилади та матеріали: Фотоелектроколориметр КФК-3 укомплектований кюветами з оптимальною робочою довжиною 50 мм і світлофільтром з довжиною хвилі $\lambda = 490$ нм; колби мірні 50 см³; піпетки мірні градуйовані 1-10 см³; циліндри мірні 50, 100, см³, Державний стандартний зразок складу розчину іонів заліза з атестованим значенням масової концентрації іонів заліза 1,0 мг/см³, роданистий амоній або калій, 20% розчин; персульфат амонію в кристалах, соляна кислота, вільна від заліза, питома вага 1,19; вода дистильована.

Побудова градувальної характеристики

У мірні колби місткістю 50 см³ піпеткою відміряють необхідний об'єм вихідного розчину з масовою концентрацією іонів заліза 1 мг/дм³ згідно таблиці 10, додають 1 см³ розчину соляної кислоти, декілька кристалів персульфату амонію, 1 см³ 20% розчину роданіду амонію, доводять об'єм розчину до позначки дистильованою водою і ретельно перемішують.

Зразу вимірюють оптичну густину на фотоелектроколориметрі з довжиною хвилі $\lambda = 490$ нм в оптичній кюветі з робочою довжиною 50 мм відносно холостої пробі (дистильована вода з додаванням реактивів для аналізу). За методом найменших квадратів розраховують параметри лінійної градувальної характеристики: оптична густина, $D_{(540)}$ (вісь Y)–

масова концентрація іонів заліза C , мг/дм³ (вісь X), для діапазону градування від 0, 1 до 1,0 мг/дм³ включно.

Таблиця 10

№ розчину для побудови градувальної характеристики	Об'єм стандартного розчину 5 мг/дм ³ , см ³	Масова концентрація іонів заліза у розчині для побудови градувальної характеристики, мг/дм ³
1	1,0	0,1
2	2,0	0,2
3	4,0	0,4
4	6,0	0,6
5	8,0	0,8
6	10,0	1,0

Виконання вимірювань

Визначення масової концентрації загального заліза

В мірну колбу місткістю 50 см³ наливають від 1 до 40 см³ дослідної води (в залежності від вмісту заліза); додають 1 см³ розчину соляної кислоти, декілька кристалів персульфату амонію, 1 см³ 20% розчину роданіду амонію, доводять об'єм розчину до позначки дистильованою водою і ретельно перемішують. Зразу вимірюють оптичну густину на фотоелектроколориметрі з довжиною хвилі $\lambda=490$ нм в оптичній кюветі довжиною 50мм відносно холостої проби (дистильована вода з додаванням реактивів для аналізу).

Результат вимірювання масової концентрації іонів заліза у воді, мг/дм³, знаходять за формулою:

$$\rho_i = \frac{\rho_{гр} \cdot k \cdot 50}{V}, \quad (10)$$

де: $\rho_{гр}$ - масова концентрація заліза у розчині, знайдена за допомогою попередньо розрахованих параметрів градувальної характеристики, мг/дм³; k - ступінь попереднього розбавлення проби води ($k = 1$, якщо попереднє розбавлення проби води не проводили); 50 - об'єм мірної колби, що використовується для аналізу, см³; V - об'єм аліквоти проби (попередньо розбавленої проби), взятий для аналізу, см³; i - номер одиничного вимірювання, $i = 1, 2$.

Результат обчислень заокруглюють і записують до другої значущої цифри.

Результат вимірювань масової концентрації загального заліза розраховують за формулою (11) як середнє арифметичне результатів двох паралельних одиничних вимірювань, ρ_1 , ρ_2 :

$$\rho = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} \quad (11)$$

Масову концентрацію тривалентного заліза визначають аналогічно, але без внесення в пробу кристалів персульфату амонію. Концентрацію тривалентного заліза розраховують за формулою (10).

Масову концентрації двовалентного заліза визначають як різницю між загальним вмістом заліза та тривалентним.

Результати визначення масової концентрації загального, тривалентного та двовалентного заліза записують в таблицю 11.

Таблиця 11.

№.№ проби	Вміст Fe _{заг.} , мг/дм ³				Вміст Fe ³⁺ , мг/дм ³				Вміст Fe ²⁺ , мг/дм ³
	Об'єм проби, см ³	Оптична густина, Д	Концентрація за графіком, С _{гр.} , мг/дм ³	Концентрація, мг/дм ³	Об'єм проби, см ³	Оптична густина, Д	Концентрація за графіком, С _{гр.} , мг/дм ³	Концентрація, мг/дм ³	
1									
2									
3									

Контрольні запитання.

1. Назвіть форми заліза у поверхневих водах та підземних водах.
2. Чим обумовлюється наявність заліза у воді.
3. Вплив гумінових речовин на процес осадження заліза.
4. Суть якісного методу видалення заліза
5. Методи кількісного визначення заліза
6. Суть методу визначення вмісту заліза з роданідом
7. Суть фотоелектроколориметричного методу

Література

1. Фізико – хімічні основи очищення стічних вод : підручник / Запольський А. К. та ін. Київ : Лібра, 2000. 367с.
2. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води : підручник. К. : Вища школа, 2005. 671 с.
3. Хімія води і водних розчинів : навчальний посібник / Б.Т.Камінський та ін. Житомир : ЖІТІ. 2000. 415 с.
4. Лурье Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. М. : Химия, 1984. 447 с.
5. МВВ № 081/12-0106-03 Методика виконання вимірювань масової концентрації амоній- іонів фото колориметричним методом з реактивом Неслера.
6. МВВ № 081/12-0005-01 Методика виконання вимірювань масової концентрації розчинених ортофосфатів фото колориметричним методом
7. МВВ № 081/12-0114-03 Методика виконання вимірювань масової концентрації хрому фото колориметричним методом з дифенілкарбазидом.
8. Накорчевська В. Ф., Аргатенко Т. В. Хімія води і мікробіологія. Вправи і методичні вказівки до їх виконання. К. : КНУБА, 2000. 31 с.
9. Орлов В. О. Знезалізнення підземних вод спрощеною аерацією та фільтруванням: монографія. Рівне : Видавничий центр НУВГП, 2008. 158 с.
10. Орлов В. О., Литвиненко Л. Л., Орлова А. М. Водопостачання промислових підприємств : навчальний посібник. К. : Знання, 2014. 278с.
11. Очистка воды коагулированием: монограф. / А. К. Запольський. Камянец-Подольский: ЧП «Медоборы-2006», 2011. 296 с.: ил.
12. Семенов А. Д. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Л. : Гидрометеиздат, 1977. 540 с.
13. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды: В 2 ч. К. : Наукова думка, 1980. 1206 с.
14. Филипчук В. Л. Очищення багатокomпонентних металовміщуючих стічних вод промислових підприємств: монографія. Рівне : УДУВГП, 2004. 232 с.
15. Фомин Г. С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам : энциклопедический справочник. М. : Издательство НПО Альтернатива, 1995. 618 с.