

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

ВОДОПРОВІДНІ ОЧИСНІ СПОРУДИ

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
для бакалаврів спеціальностей
192 «Будівництво та цивільна інженерія»,
освітня програма «Водопостачання та водовідведення», та
194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології»

Київ 2024

УДК 628.1

B62

Укладачі: О.В. Терновцев, канд. техн. наук, доцент;
О.В. Зоря, канд. техн. наук, доцент

Рецензент О.М. Ліфанов, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск В.П. Хоружий, д-р техн. наук,
професор

*Затверджено на засіданні кафедри водопостачання та
водовідведення, протокол № 8 від 22 лютого 2022 року.*

В авторській редакції.

Водопровідні очисні споруди : методичні вказівки до виконання
B62 лабораторних робіт / уклад.: О.В. Терновцев, О.В. Зоря. – Київ :
КНУБА, 2024. – 32 с.

Містять загальні положення, рекомендації, порядок оформлення
до виконання лабораторних робіт з курсу.

Призначено для бакалаврів спеціальностей 192 «Будівництво та
цивільна інженерія», освітня програма «Водопостачання та
водовідведення», та 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія
та водні технології».

ЗМІСТ

Загальні положення.....	4
Порядок виконання та правила безпеки під час проведення лабораторних робіт.....	4
Лабораторна робота №1. Визначення іонів заліза у природних водах..	7
Лабораторна робота №2. Визначення вмісту сірководню у підземній воді.....	11
Лабораторна робота №3. Оволодіння методикою визначення фтору у воді.....	17
Лабораторна робота №4. Визначення іонів алюмінію.....	21
Лабораторна робота №5. Визначення сухого залишку гравіметричним методом.....	24
Список літератури.....	31

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Здобувачі освітнього рівня бакалавр за спеціальностями 192 – «Будівництво та цивільна інженерія», освітня програма «Водопостачання та водовідведення», та 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» поряд вивчають дисципліну «Водопровідні очисні споруди», за програмою якої передбачено виконання лабораторних робіт. Мета лабораторних робіт – допомогти студентам в набутті навичок експериментальної роботи, обробки експериментальних даних, засвоєнні основних понять, законів і закріплення теоретичних знань.

У методичних вказівках наведені основні методики проведення лабораторних робіт, контрольні запитання для самостійної роботи. Виконання лабораторних робіт допоможе студентам вивчити і засвоїти сутність процесів підготовки води і набути навичок у майбутній спеціальності. Довідкові величини наведені у додатках.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ТА ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Під час виконання лабораторних робіт студенти дотримуються вимог, що встановлені інструкцією з охорони праці в Лабораторії води, яка розроблена у відповідності до діючих в Україні нормативних документів з охорони праці та техніки безпеки, затверджена у встановленому порядку і містить розділи з пожежної безпеки, електробезпеки та безпеки при роботі з хімічними та токсичними речовинами, легкозаймистими речовинами, концентрованими кислотами та лугами.

Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони не повинен перевищувати гранично-допустимі концентрації, встановлені ГОСТом 12.1.005.

Лабораторне приміщення повинно бути обладнане припливно-втяжною вентиляцією з відповідною кратністю обміну повітря.

До виконання вимірювань і обробки результатів допускаються студенти, які пройшли інструктаж з охорони праці, прослухали курс лекцій з дисципліни «Водопровідні очисні споруди» та допущені до роботи в установленому в Лабораторії води порядку. Лабораторні роботи необхідно

виконувати в присутності викладача, який проводить заняття, та інженера Лабораторії води.

1. Робоче місце тримайте в чистоті та порядку.

2. Не допускайте потрапляння хімічних реактивів на шкіру та одяг. Заборонено брати речовини руками і пробувати на смак.

3. Заборонено користуватися реактивами без етикеток або з сумнівними етикетками.

4. В усіх дослідах використовуйте дистильовану воду. Сухі реактиви беріть чистим шпателем. Не плутайте пробки від склянок з різними реактивами. Залишки реактивів не висипайте і не виливайте в склянки, з яких вони відібрані.

5. Під час роботи в Лабораторії води студенти особливу увагу повинні звертати на техніку безпеки і дотримуватися правил безпечної роботи – вміти користуватися хімічним посудом, реактивами, розчинами і нагрівальними приладами.

6. Застосований в лабораторії посуд у більшості випадків скляний, тонкостінний і крихкий, вимагає дбайливого користування, адже при недбалому поводженні з ним можливі різні поранення (порізи рук склом). Під час роботи хімічний посуд варто тримати в руках обережно (не стискати сильно пальцями). Під час його миття необхідно стежити за тим, щоб не пробити стінки чи дно.

7. Виконання дослідів в пробірках проводиться таким чином:

- використовують чисту пробірку;
- не закривати пальцями пробірку;
- перемішування реакційної системи в пробірках проводити за допомогою скляної палички;
- заборонено класти скляну паличку на лабораторний стіл. Її опускають в пробірку з дистильованою водою.

8. Під час роботи з крапельницями, закритими пробками з піпеткою, їх треба брати за крапельницю, а не пробку. Не торкатися піпеткою стінок пробірки під час додавання реагентів (по краплях з піпетки в пробірку).

9. За необхідності додавання декількох крапель кислоти, лугу або іншого реактиву в пробірку варто використовувати крапельниці або піпетки, не забувати промивати їх у воді.

10. Впродовж нагрівання рідини в пробірці необхідно тримати її так, щоб у випадку розбризкування рідина не потрапила на експериментатора і на поряд працюючих студентів, тобто отвір пробірки повинен бути направлений в сторону від себе і товаришів. Краще всього направити цього на стінку витягувальної шафи. Не забувайте використовувати при цьому тримач.

11. Особливої уваги дотримуйтесь під час роботи з отруйними і шкідливими речовинами, з концентрованими кислотами та лугами. Роботу з ними необхідно виконувати у витягувальній шафі.

12. Під час роботи з реактивами варто завжди пам'ятати, що наповнення піпеток для виміру малих обсягів лугів, кислот і інших речовин виконують тільки за допомогою гумової груші. Засмоктування ротом категорично забороняється!

13. Не торкайтесь, не вмикайте і не вимикайте без дозволу викладача електричні прилади.

14. В Лабораторії води дотримуйтесь тиші, не займайтесь сторонніми справами, не проводьте досліди, які не стосуються даної лабораторної роботи і не описані в методичних вказівках. Під час виконання дослідів заборонено використовувати мобільні телефони.

15. Під час виконання вимірювань дотримуються таких умов:

- температура оточуючого повітря $(20 \pm 2)^\circ \text{C}$;
- атмосферний тиск від 630 до 800 мм рт.ст.;
- відносна вологість повітря (при температурі 25°C) не більше 80 %;
- напруга в електричній мережі (220 або 380) В при частоті струму (50 ± 1) Гц.

16. У разі отримання травм під час виконання лабораторних робіт необхідно звернутися за допомогою до інженера Лабораторії води.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Визначення іонів заліза у природних водах

Мета роботи : ознайомлення студентів з методами визначення заліза у воді.

Загальні відомості

Залізо у воді може бути у вигляді двовалентного (закисне) або тривалентного (окисне). В підземних джерелах залізо зустрічається переважно у вигляді бікарбонату закису заліза $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$, тобто двовуглекислого заліза, його концентрація може досягати 15–20 мг/дм³.

У воді поверхневих джерел залізо міститься зазвичай у формі органічних сполук, переважно колоїдних, наприклад, гумінозакисне залізо. В річках, що забруднюються кислими стоками, зустрічається сульфат заліза FeSO_4 . Розчинений у воді кисень окислює двовалентне залізо в тривалентне. При одночасному вмісті заліза і сірководню у воді з'являється тонкодисперсна завесь сульфід заліза FeS . У поверхневих водах міститься від 0,1 до 1 мг/дм³ заліза. Підвищений вміст заліза у воді надає їй неприємного металевого присмаку, сприяє розвитку залізобактерій, заростанню водопровідної мережі і водорозбірної арматури, погіршує якість продукції, яка випускається харчовою, текстильною, паперовою та іншими галузями промисловості. При постійному вживанні води з підвищеним вмістом заліза в організмі людини і тварин надлишок його накопичується в печінці у вигляді колоїдного оксиду заліза, яке шкідливо діє на клітини печінки, викликає її руйнування.

У питній воді заліза повинно бути не більше 0,2 мг/дм³. Щоб виділити залізо з води, застосовують реагентний, безреагентний, катіонообмінний методи.

1. Засоби вимірювальної техніки, допоміжне обладнання, реактиви та матеріали.

1.1. Спектрофотометр DR3900 або DR1900, укомплектований кюветами об'ємом 10 мл.

1.2. Порошкові реагенти або реагенти в ампулах.


Підготовка до тесту

У табл. 1.1 наведено вимоги до кювети для зразків та орієнтації для тестів на додавання реагентів, таких як тести з порошковою подушкою або тести на об'ємний реагент. У табл. 1.2 наведено вимоги до елемента зразка та адаптера для тестів AccuVac Ampul. У таблицях також показано прилади для цього тесту.

Щоб скористатися таблицею, виберіть прилад, а потім перечитайте, щоб знайти інформацію, застосовану для цього тесту.


Таблиця 1.1

Інформація щодо приладу та кювет для додавання реагенту

Прилад	Положення кювети зі зразком	Кювета для зразка
1. DR 1900	Мітка праворуч	
2. DR 3900	Мітка рівня до оператора	

Таблиця 1.2

Інформація про прилад для ампул AccuVac

Прилад	Адаптер	Кювета для зразка
1. DR 3900	LZV846 (A)	2427606 
2. DR 1900	9609900 або 9609800 (C)	

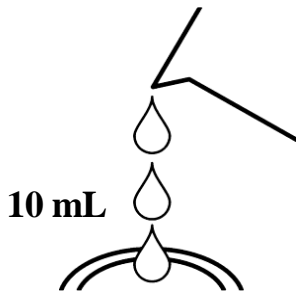
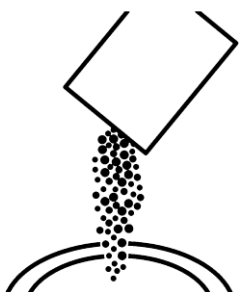


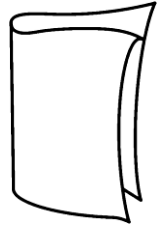
До початку роботи підготувати кювети і порошкові реагенти, а саме:

1. Реагент для визначення заліза FerroVer (порошок), ампули AccuVac – 1 шт.;

2. Хімічний стакан, 50 мл – 1 шт.;
3. Кювети – 1 шт.;
4. Пробка 18 мм для кювети і ампул – 1 шт.

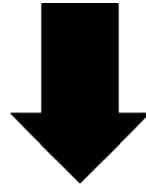
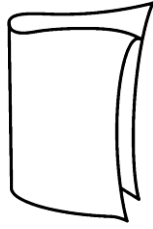
Хід процедури із використанням порошку FerroVer

Початок

1. Вибрати програму **265 Iron, FerroVer.**
2. Підготувати пробу: наповнити кювету зразком до позначки 10 мл.
 
3. Додати в кювету зі зразком вміст пакетика FerroVer.
 
4. Вміст кювети перемішувати обертальними рухами. Нерозчинений порошок не впливає на результати вимірів.
 
5. Увімкнути таймер. Почнеться відлік часу – 3 хв. Поява помаранчевого кольору свідчить про присутність заліза.
 
6. Наповнити другу кювету до позначки 10 мл.
 
7. Протерти підготовлену кювету з пробою.
 
8. Після сигналу таймеру розташувати кювету з холостою пробою в тримач кювети.
 

Встановлення нуля

9. Натиснути 0.
Прочитати на
дисплеї 0.00 мг/л
Fe.



Вимірювання

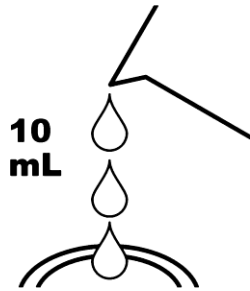
10. Протерти
підготовлену
кювету з пробєю.

11. Кювету з
підготовленою
пробєю
встановити в
кюветне
відділення.

12. Натиснути
ВИМІРЮВАННЯ.
Відображаються
результати в мг/л Fe.

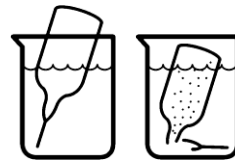
Хід процедури із використанням ампул AccuVac

Початок

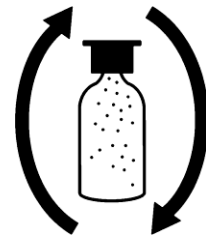


1. Вибрати
програму 267
Iron.

2. Холоста проба.
Наповнити зразком
кювети до
позначки 10 мл.



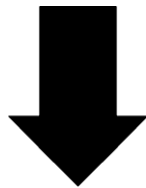
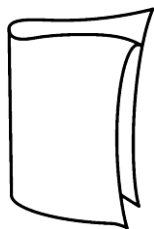
3. Налити не менше 40
мл зразка в 50-
мілілітровий стакан.
Заповнити ампулу
AccuVac зразком.
Кінчик ампули
повинен бути
занурений у рідину до
повного заповнення
ампули.



4. Для перемішування
декілька разів швидко
перевернути ампулу
AccuVac.
Нерозчинений
порошок не впливає
на результати
вимірювань.



03:00



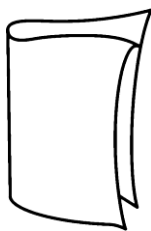
Встановлення нуля

5. Увімкнути таймер. Починається відлік часу.

6. Протерти підготовлену кювету з пробою.

7. Після сигналу таймера встановити кювету з холостою пробою в тримач кювети.

8. Натиснути 0. На дисплеї відобразиться «0.00» мг/л.



Read

9. Протерти ампулу AccuVac.



10. Встановити ампулу AccuVac з підготовленою пробою в кюветне відділення.

Вимірювання

11. Натиснути **ВИМІРЮВАННЯ**.
Відобразяться результати в мг/л Fe.

Контрольні запитання

1. Назвіть форми заліза в підземних та поверхневих водах.
2. Назвіть способи знезалізнення.
3. Назвіть допустиму концентрацію заліза у питній воді.
4. Суть фотометричного методу визначення заліза.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

Визначення вмісту сірководню в підземній воді

Мета роботи: ознайомлення студентів з визначенням вмісту сірководню у воді методом амперометричного зворотного титрування.

Загальні відомості

Природні води, що містять сірководень, зустрічаються у багатьох областях України. Особливо це стосується південних районів, таких як Херсонська, Миколаївська та Одеська області.

Наявність у воді сірководню часто перешкоджає використанню її для господарсько-питного та промислового водопостачання.

Вдихання сірководню, що виділився з води в повітря, може призвести до погіршення пам'яті, катару верхніх дихальних шляхів, бронхіту, фурункульозу.

Присутність у повітрі 0,8 мг/л сірководню може спричинити отруєння зі смертельним результатом.

У воді, що містить сірководень, руйнується цемент, внаслідок утворення розчинного гідросульфиду кальцію $\text{Ca}(\text{HS})_2$ і виходять з ладу розтрубні з'єднання труб та бетонні споруди. Утворення гальванічних пар між сульфідом заліза та залізом, з якого виготовлені труби, призводить до інтенсивної корозії металевих трубопроводів.

Відповідно до вимог європейського стандарту показників якості води допустимий вміст сірководню у питній воді становить 0,05 мг/л.

У природній воді сірчисті сполуки знаходяться у вигляді молекулярно розчиненого сірководню (H_2S), гідросульфід-іону (HS^-) та сульфід-іону (S^{2-}). Зміст у воді різних форм сірчаних сполук, і навіть їхні пропорції, перебувають у прямій залежності від рН води. Так, наприклад, при рН=9 (H_2S) у воді практично відсутній, а вміст у воді (HS^-) і (S^{2-}) максимальний. При рН=5 майже всі сірчані сполуки представлені сірководнем (H_2S).

Залежно від форми існування сірчаних сполук у воді, методи її очищення від сірководню можуть бути поділені на три групи:

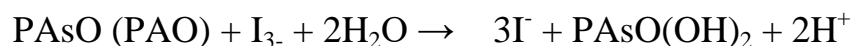
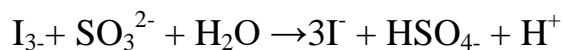
1. Видалення (H_2S) із води безреагентними методами.
2. Видалення реагентними методами.
3. Видалення біохімічними методами, у яких сірчані сполуки окислюються сіркобактеріями.

Амперометричне зворотне титрування

Вимірювання засноване на амперометричному зворотному титруванні. При такому титруванні вимірний об'єм окислювача (йод, I) додають безпосередньо до виміряного об'єму зразка. Це «фіксує» концентрацію сульфіту та зменшує кількість втрат зразка під час титрування. Метод виконується при нейтральному рН, щоб мінімізувати вплив розчиненого кисню та органічних хлорамінів.

Під час аналізу зразок доводять до рН 7 за допомогою фосфатного буфера і додають надлишок йодиду калію (KI). У цьому стані йодид калію (KI) та йод (I_2) утворюють трийодид (I_3^-). Коли весь сульфіт перетворюється на сульфат (SO_4^{2-}), окислювач (I_3^-), що не прореагував, титрують. Концентрацію сульфіту визначають з різниці в кількості окислювача, доданого до зразка, та кількості, що залишилася після титрування.

Хімічні рівняння для титрування такі:



Хід роботи

1. Електроди та реагенти (див. табл. 2.1).

Електроди: Pt-електрод з температурним сенсором, Intellical MTC695.

Таблиця 2.1

Електроди та реагенти

Опис	Кількість на 1 тест
Необхідні реагенти	
Стандартний розчин йоду, 0,0282 Н	– змінюється
Оксид феніларсину (РАО) Тітрант, 0,00564 Н	– змінюється
Фосфатний буфер, рН 7	– 1 мл
Калію йодид–	0,1 г
Необхідні прилади	
Скляна мензурка, 250 мл	– 1
Мірний циліндр, 250 мл	– 1
Магнітний мішальник з тефлоновим покриттям	– 1
Додаткові реагенти	
Деіонізована вода	– змінюється
Оксид феніларсину (РАО) Тітрант, 0,00564 Н	змінюється
картридж	–
Розчин ацетатного буфера, рН 4	1 мл
Необхідні прилади	
Піпетка об'ємна, клас А, 1 мл	
Піпетка об'ємна, клас А, 2 мл	
Піпетка об'ємна, клас А, 3 мл	
Піпетка об'ємна, клас А, 4 мл	
Піпетка об'ємна, клас А, 5 мл	

2. Порядок аналізу проби.

2.1. Розташування електрода та ін'єкційних наконечників.

Помістіть електрод у протилежний отвір трубок у тримачі датчика. Якщо необхідно, поверніть електрод, щоб розмістити платинові дроти перпендикулярно потоку зразка та датчику температури перед платиновими дротами. Помістіть пробірку від насоса над поверхнею зразка і переконайтеся, що пробірка з захисним наконечником повністю входить у зразок, як показано на рис. 1.

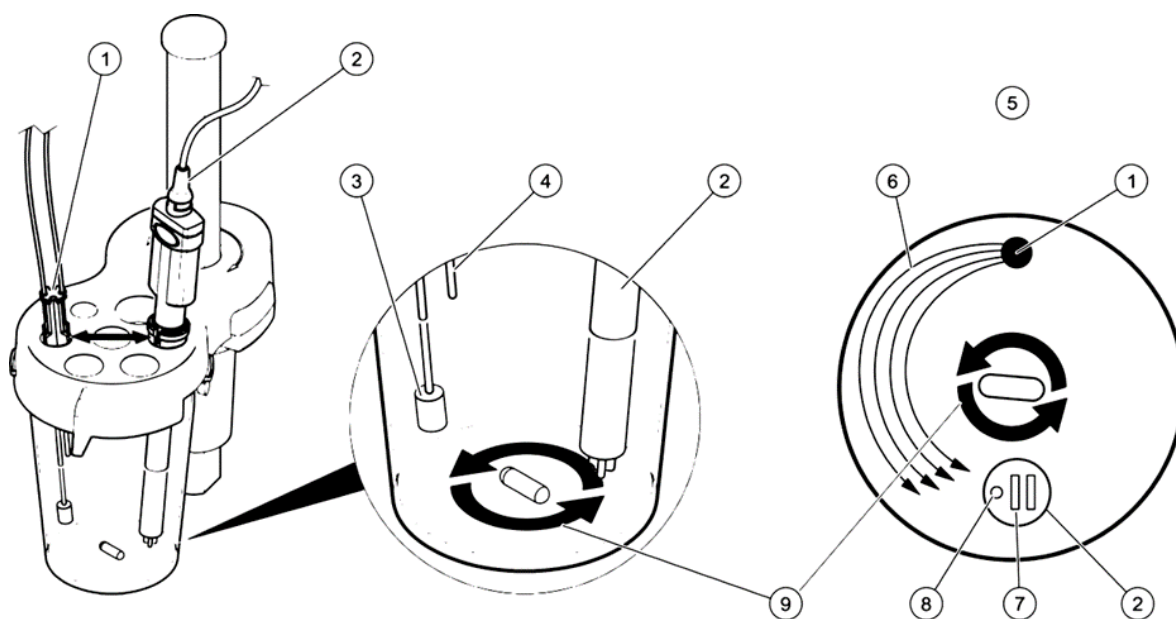


Рис. 1. Розміщення електрода і наконечників:

1. Тримач.
2. Електрод.
3. Наконечник.
4. Трубка до насоса.
5. Вид зверху.
6. Напрямок руху.
7. Платиновий дріт.
8. Датчик температури.
9. Напрямок перемішування.

Стандартний метод рекомендує об'єм проби 200 мл, остаточні результати розраховуються а основі об'єму зразка. Переконайтеся, що обсяг зразка правильний. Щоб уникнути втрати сульфіту, будьте обережні, щоб не перемішувати зразок під час вимірювання або розливання.

Для розведення зразка завжди використовуйте воду без органічних реагентів. Перед кожним титруванням промийте електрод і наконечник дистильованою водою. Промивайте бюретку під час зміни титранта.

2.2. Етапи аналізу.

Примітка. Коли зразки зібрано з виходом, сульфїт можна «зафіксувати», додавши фосфатний буфер рН=7 йодистого калію та кількість окислювача до точно 200 мл зразка на момент відбору.

1. За потреби увімкніть прилад.
2. У головному меню виділіть потрібний метод і натисніть Пуск. Зверніть увагу, що цей метод використовує 0,00564 N титрант РАО.
3. Перевірте назву оператора та назву зразка. При необхідності змініть їх.
4. Відміряйте 200 мл розчину зразка за допомогою градуйованого циліндра на 250 мл і перенесіть його в скляний стакан на 250 мл із зазначеним магнітним мішальником.
5. Помістіть зразок на платформу мішальника TitraLab серії AT1000. Натисніть кнопку Пуск.
6. Додайте 0,1 г калію йодиду (KI). Натисніть ОК для підтвердження. Зауважте, що KI додається в надлишку, але точна використовувана кількість не має вирішального значення для точності чи точності аналізу.
7. Додавання буфера. Зверніть увагу, що фосфатний буфер додається для регулювання рН зразка, але використовувана кількість не має вирішального значення для точності або точності аналізу.
8. Додавання буфера вручну: за потреби додайте 1 мл фосфатного буфера рН 7. Натисніть ОК для підтвердження.
9. Автоматичне додавання буфера – додавання буфера починається автоматично.
10. Піпеткою введіть необхідний об'єм окислювача (0,0282 N). Натисніть ОК. Таймер встановлення працює упродовж 45 секунд, дозволяючи електроду стабілізуватися перед збором даних. Упродовж цього часу реагенти перемішують. Після того, як електрод стабілізується, розпочинається збір даних і будується крива титрування.

2.3. Результати.

Після закінчення титрування результати автоматично відображаються на першому екрані:

- Результат виражений як сульфїт у мг/л.
- Результат виражений як діоксид сірки в мг/л.
- Результат виражений як бісульфїт у мг/л.

- Температура аналізу та тривалість титрування.

На другому та третьому екранах:

- Абсцис еквівалентної точки в мл.
- Ордината еквіваленту в рА.
- Температура аналізу та тривалість титрування.

Якщо серія зразків (з повторенням), на четвертому екрані:

Середнє значення ряду в мг/л і статистичні дані про ряд (стандартне відхилення (SD) в мг/л і відносне стандартне відхилення (RD) у %) для кожного з трьох результатів (сульфіт, діоксид сірки та бісульфіт).

Результати розрахунку сульфїту в мг/л

Результати зазвичай виражаються в мг/л у вигляді сульфїту (SO_3^{2-}), діоксиду сірки (SO_2) і бісульфїту (HSO_3^-).

- $C(I_2)$ = концентрація окислювача в екв/л: розчин йоду, на даний момент 0,0282 екв/л.
- $V(I_2)$ = доданий об'єм окислювача в мл.
- $C(\text{PAO})$ = концентрація титранта: оксиду фенїларсину (PAO) в екв./л, зараз 0,00564 екв./л.
- $V(\text{PAO})$ = об'єм титранту: оксид фенїларсину (PAO) в мл додається до еквівалентної точки.
- $V(\text{smpl})$ = об'єм зразка в мл: на даний момент 200 мл.
- $MW1$ = молярна маса (з $x = 1, 2$ і 3): $MW1 = 80,066$ г/моль для $R1$, вираженого в мг/л у вигляді сульфїту (SO_3^{2-}), $MW2 = 64,066$ г/моль для $R2$, вираженого в мг/л у вигляді діоксиду сірки (SO_2), $MW3 = 81,066$ г/моль для $R3$, вираженого в мг/л як бісульфїт (HSO_3^-).

Контрольні запитання

1. Назвіть форми сірководню у підземних водах.
2. Які наслідки використання води з підвищеним вмістом сірководню?
3. Як сірководень впливає на організм людини?
4. Назвіть методи очищення води від сірководню.
5. Суть амперометричного методу визначення сірководню.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

Визначення фтору у воді

Мета роботи: ознайомлення студентів із визначенням фтору у воді.

Загальні відомості

У поверхневій воді фтор надходить з порід та ґрунтів при руйнуванні фторвмісних мінералів. Джерелом фтору можуть бути атмосферні опади. Підвищений вміст фтору може бути і в стічних водах підприємств скляної та хімічної галузі (виробництво фосфорних добрив, сталі, алюмінію), в деяких видах шахтних вод; в стічних водах рудозбагачувальних фабрик.

Міграційні здібності фтору в природних водах в значній мірі залежать від вмісту в них кальцію, які утворюють з іонами фтору малорозчинні сполуки. Вміст фтору в річкових водах коливається в межах від 0,05 до 1,9 мг/дм³, в атмосферних опадах – від 0,05 до 0,54 мг/дм³.

Наявність чи відсутність фтору в організмі людини впливає на її здоров'я. При недостатній кількості фтору розвивається карієс, а при занадто великій кількості – флюороз. Необхідність фторування води для господарсько-питних потреб визначає санепідемстанція. Вміст фтору у питній воді 0,7...1,5 мг/дм³.



Підготовка до тесту

У табл. 3.1 наведено вимоги до кювети для зразків та орієнтації для тестів на додавання реагентів, таких як тести з порошковою подушкою або тести на об'ємний реагент. У табл. 3.2 наведено вимоги до елемента зразка та адаптера для тестів AccuVac Ampul. У таблицях також показано прилади для цього тесту.

Щоб скористатися таблицею, виберіть прилад, а потім перечитайте, щоб знайти інформацію, застосовну для цього тесту.

Таблиця 3.1

Інформація щодо приладу та кювет для додавання реагенту

Прилад	Положення кювети із зразком	Кювета для зразка
DR 6000 DR 3800 DR 2800 DR 2700 DR 1900	Мітка праворуч	2495402 
DR 5000 DR 3900	Мітка рівня до оператора	
DR 900	Мітка рівня до оператора	2401906 

Таблиця 3.2

Інформація про прилад для ампул AccuVac

Прилад	Адаптер
DR 6000 DR 5000 DR 900	—
DR 3900	LZV846 (A)
DR 3800 DR 2800	LZV584 (C)

DR 2700	
DR 1900	9609900 або 9609800 (C)

Для початку роботи підготувати такі матеріали:

1. Розчин реагенту SPADNS – 4 мл.
2. Дистильована вода – 10 мл.
3. Піпетка, об'ємом 2 мл – 1 шт.
4. Піпетка, об'ємом 10 мл – 1 шт.
5. Лампа для наповнення піпеток – 1 шт.
6. Кювета – 2 шт.
7. Термометр, від –10 до 110 °С – 1 шт.


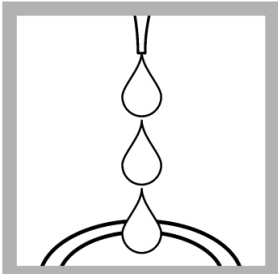
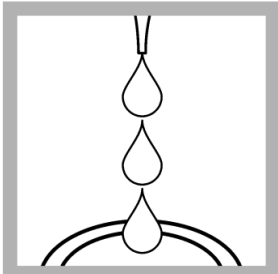
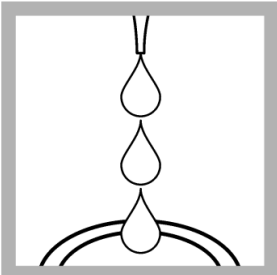
Ампули AccuVac:

1. SPADNS Фторвмісні реагенти AccuVac Ampuls – 2 шт.
2. Дистильована вода – 40 мл.
3. Склянка, 50 мл – 1 шт.
4. Пробки для пробірок 18 мм та AccuVac Ampuls – 2 шт.

Відбір та зберігання зразків

- Збирайте зразки в чисті скляні або пластикові пляшки.
- Зразки можна зберігати до 28 днів.
- Перед аналізом дайте зразку нагрітися до кімнатної температури.

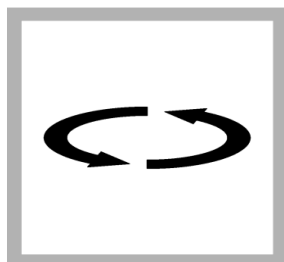
Метод розчинення реагентів SPADNS

			
<p>1. Вибрати програму 190 Фтор.</p>	<p>2. Підготуйте заготовку: за допомогою піпетки</p>	<p>3. Підготуйте зразок: за допомогою піпетки</p>	<p>4. За допомогою піпетки додайте 2,0 мл реагенту</p>

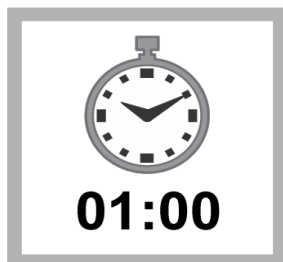
додайте 10,0 мл
дистильованої води в
кювету.

додайте 10,0 мл
зразка в кювету.

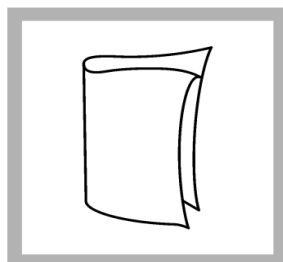
SPADNS в кожну
кювету.



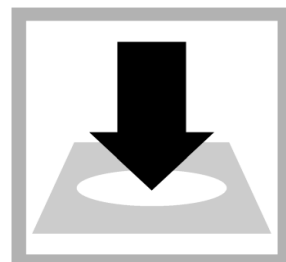
5. Перемішувати
обертальними
рухами.



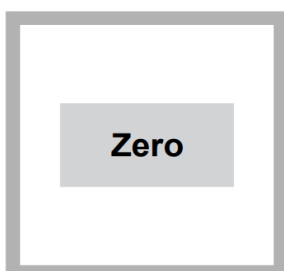
6. Запустити таймер.
Почнеться відлік часу
– 1 хвилина.



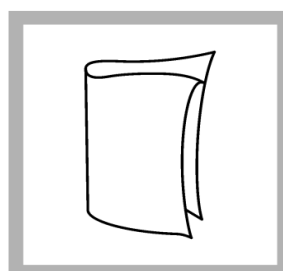
7. Коли таймер
закінчиться,
очистіть порожню
комірчку для зразків.



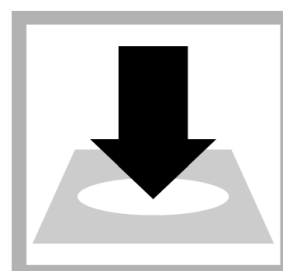
8. Вставте
заготовку в
тримач комірчки.



9. Натиснути
ZERO. Дисплей
показує 0,00 мг/л
F-.



10. Очистіть
підготовлену кювету.

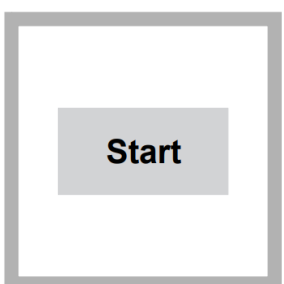


11. Вставте
підготовлений
зразок у тримач
комірчки.

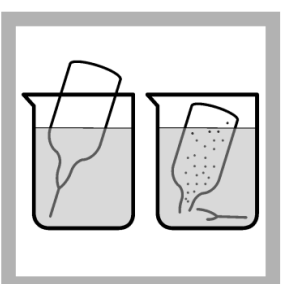


12. Натисніть
READ. Результати
показують в мг/л
F-.

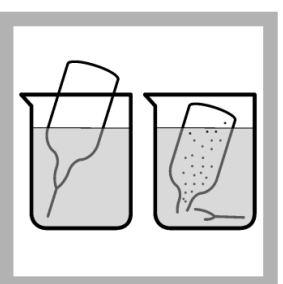
Процедура AccuVac Ampul



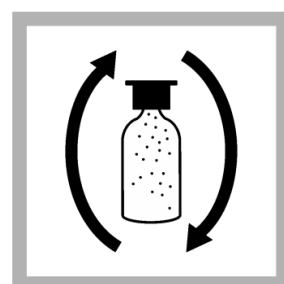
1. Вибрати програму
195 Фтор AV.



2. Підготуйте
заготовку: налейте
40 мл
дистильованої
води в склянку на
50 мл. Засипте
одну ампулу
SPADNS Fluoride
Reagent AccuVac
Ampul. Тримайте
кінчик зануреним
доти, доки Ampul
повністю



3. Підготуйте зразок:
відберіть 40 мл
зразка в склянку на
50 мл. Заповніть
другий SPADNS
реагентом для
визначення фтору
AccuVac Ampul
зразком. Тримайте
кінчик зануреним
доти, доки Ampul
повністю
заповнюється.

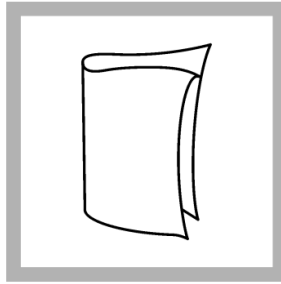


4. Швидко
переверніть
AccuVac Ampuls
кілька разів, щоб
перемішати.

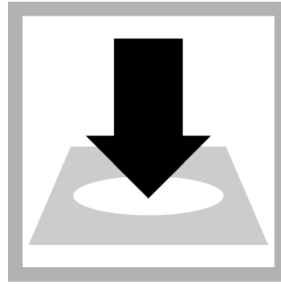
заповнюється.



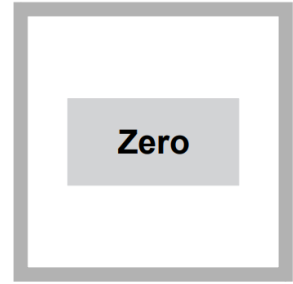
5. Запустити таймер. Почнеться відлік часу – 1 хвилина.



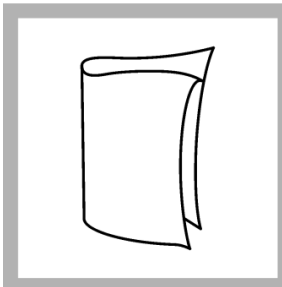
6. Коли таймер закінчиться, очистіть порожній AccuVac Ampul.



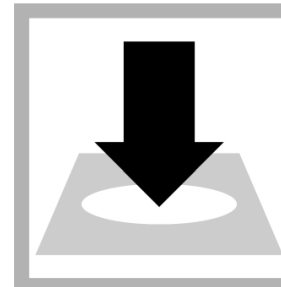
7. Вставте порожню комірку AccuVac Ampul у тримач комірки.



8. Натиснути **ZERO**. Дисплей показує 0,00 мг/л F-.



9. Очистіть AccuVac Ampul.



10. Очистіть підготовлену кювету.



11. Натисніть READ. Результати показують в мг/л F-.

Контрольні запитання

1. Назвіть методи фторування, які використовують у практиці водопостачання.
2. Назвіть реактиви, які використовують для фторування.
3. Назвіть методи знефторення води.
4. Як впливає фтор на організм людини?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

Визначення іонів алюмінію

Мета роботи: ознайомлення студентів з методами визначення алюмінію у воді.

Загальні відомості

Алюміній потрапляє в природні води природним шляхом при частковому розчиненні глини і алюмосилікатів, а також в результаті шкідливих викидів окремих виробництв, з атмосферними опадами або стічними водами. Солі алюмінію також широко використовуються в якості коагулянтів у процесах водопідготовки для комунальних потреб. При високих рівнях забруднення водних джерел алюмінієві коагулянти вимагають великих доз, що призводить до збільшення вже в очищеній воді концентрації іонів алюмінію. Це є «вторинним забрудненням». Негативним моментом при використанні алюмовмісних коагулянтів є надходження в оброблювану воду іонів алюмінію, вміст яких регламентує ДержСанПІН 2.2.4-171-10 на рівні 0,2 мг/дм³.

Поява алюмінію в поверхневих водах обумовлена технологічним фактором (обробка води, забруднення навколишнього середовища) і його кількість може бути в рази більша, ніж в підземних водах.

Присутність у воді алюмінію в концентраціях, що перевищують 0,2 мг/дм³, здатна викликати випадіння в осад пластівців гідрохлориду алюмінію, а також зміну кольоровості води. Іноді такі проблеми можуть виникати вже при концентраціях алюмінію в 0,1 мг/дм³. Якщо питна вода містить більше, ніж 0,5 мг/дм³ алюмінію, то в даному регіоні збільшується кількість хворих на хворобу Альцгеймера. Також висока концентрація алюмінію порушує роботу центральної нервової системи і послаблює імунну систему у дітей.

Необхідні умови для проведення тесту

Температура зразка води та реагентів повинна становити 20 °С, рН зразка води має бути в межах рН 2,5–3,5. Більш високий рівень рН викликає осадження або комплексоутворення алюмінію, що призводить до отримання результатів з низькою похибкою. За потреби рН зразка необхідно відрегулювати відповідним чином, додавши невелику кількість азотної кислоти (HNO₃).

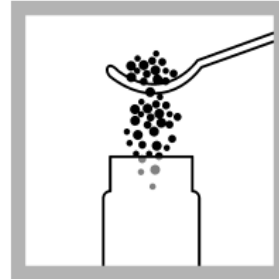
Хід дослідження



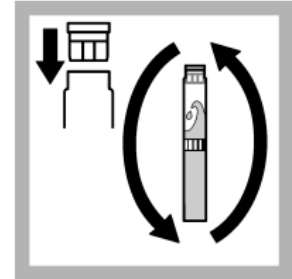
1. Обережно додати піпеткою 2,0 мл розчину А.



2. Обережно наберіть піпеткою 3,0 мл зразка.



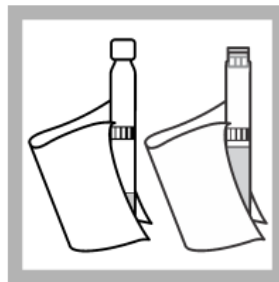
3. Додайте 1 мірну ложку реагенту В.



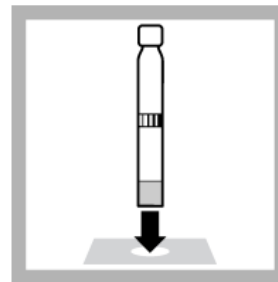
4. Закрийте кювету і переверніть кілька разів, щоб сублімований вміст повністю розчинився.



5. Зачекайте 25 хвилин.



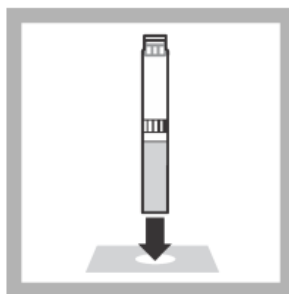
6. Ретельно очистіть зовні нульову кювету і кювету для зразка.



7. Вставте нульову кювету у тримач комірок. DR1900: перейдіть до методу LCK/TNTplus. Виберіть тест, натисніть ZERO.



8. Вийміть нульову кювету.



9. Вставте кювету зі зразком в тримач комірок. DR1900: натисніть READ.

Можливі перешкоди в ході дослідження

Іони, перелічені в табл. 4.1, були індивідуально перевірені на відповідність заданим концентраціям і не спричиняють інтерференції. Кумулятивні ефекти та вплив інших іонів не були визначені.

Більш високі концентрації важких металів, ніж вказані, а також фтору, фосфатів та відносно рідкісних елементів, таких як берилій, торій, титан, цирконій та ванадій, заважають визначенню. Гідрати і гідроксид оксиду алюмінію визначаються лише частково.

Результати вимірювань необхідно перевіряти на достовірність (розбавляти і/або підмішати зразок).

Таблиця 4.1

Незаважаючі іони

Рівень перешкод	Речовина, що заважає
500 мг/л	Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+}
100 мг/л	Ag^+ , Mn^{2+}
50 мг/л	Cd^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Sn^{2+} , Pb^{2+} , PO_4^{3-}
10 мг/л	Cu^{2+} , Hg^{2+}
5 мг/л	Fe^{2+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} , Si^{4+}
0,5 мг/л	Cr^{3+} , Cr^{6+}
0,1 мг/л	F^-

Контрольні запитання

1. Назвіть шляхи надходження алюмінію у водні об'єкти.
2. Назвіть коагулянти на основі алюмінію.
3. Який метод застосовується для визначення алюмінію?
4. При яких концентраціях у питній воді алюміній становить загрозу для здоров'я людини?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

Визначення сухого залишку гравіметричним методом

Мета роботи: визначення мінеральних речовин, розчинених у воді.

Загальні відомості

Мінералізація води зумовлена насамперед природними чинниками (зокрема геологічними умовами району походження вод та рівнем розчинності мінералів порід, із якими вони контактують).

Визначають мінералізацію води як суму значень компонентів, отриманих при хімічному аналізі конкретної проби води.

Найбільший вплив на формування мінералізації води річок, озер, підземних водоносних горизонтів (95–99 %) мають 7 основних йонів (аніонів і катіонів).

Аніони: HCO_3^- (гідрокарбонати); SO_4^{2-} (сульфати); Cl^- (хлориди). Катіони: Ca^{2+} (Кальцій); Mg^{2+} (Манган); Na^+ (Натрій); K^+ (Калій). Антропогенний вплив на мінералізацію води у водних об'єктах загалом незначний [скидання шахтних вод з підвищеною мінералізацією (у відповідних регіонах), меншою мірою – скиди промислових та господарсько-побутових стічних вод].

За ступенем мінералізації усі природні води можна поділити на 4 групи (г/дм³): прісні (до 1); солонуваті (1–10); солоні (10–50); розсоли (понад 50).

Прісні води – найважливіший водний ресурс, оскільки їх використовують для питного водопостачання. Але вони становлять лише 2,5 % від обсягу всієї гідросфери Землі; усі інші – солоні води океану (середня солоність 35 ‰) та підземних водоносних горизонтів.

Мінералізацію води вимірюють у мг/дм³ (мала концентрація) та г/дм³ (велика концентрація), або в несистемних одиницях – мг/л, г/л.

За кордоном мінералізацію води вимірюють у мільйонних частках (англ. *parts per million, ppm*). Співвідношення між одиницями вимірювання в мг/дм³ та ppm майже однакове: 1 мг/дм³ = 1 ppm.

В океанологічній практиці наближеним до терміну «мінералізація води» є поняття «солоність морської води», що вимірюється у проміле (‰, тисячна частка). Наближеним до мінералізації води є поняття «сухий залишок» – загальна маса речовин, отримана після випарювання фільтрованої води з наступним висушуванням осаду за температури 105 °С до постійної маси; виражається в мг/дм³ (г/дм³). Термін використовується у процесі контролю якості води для водопостачання.

Хід вимірювання

Метод визначення масової концентрації сухого залишку (розчинених речовин) полягає у випаровуванні вологи з 50 – 1000 см³ профільтрованої проби води, висушуванні залишку протягом 3-х годин при температурі 105°C і зважуванні його на аналітичних терезах. Маса сухої речовини повинна перебувати в межах 50 – 500 мг.

При виконанні вимірювань дотримуються таких умов:

- температура оточуючого повітря (20±2)°C;
- атмосферний тиск від 630 до 800 мм рт.ст.;
- відносна вологість повітря (при температурі 25°C) не більше 80%;
- напруга в електричній мережі (220±20) В при частоті струму (50±1) Гц.

Пробу води фільтрують через фільтр «синя стрічка». Суху мірну колбу місткістю 50–1000 см³ (залежно від очікуваного вмісту солей, табл. 5.1) заповнюють до позначки фільтрованою пробойою води. Порцелянову чашку, підготовлену, заповнюють пробойою не більше, ніж на 3/4 об'єму і ставлять на водяну баню. По мірі випаровування пробу доливають доти, доки весь об'єм не випариться повністю.

Таблиця 5.1

Залежність необхідного для виконання вимірювань об'єму проби від очікуваної масової концентрації сухого залишку

Очікувана масова концентрація сухого залишку, мг/дм³	Місткість мірної колби для заповнення проби, см³
від 50 до 500	1000
від 100 до 1000	500
від 200 до 2000	250
від 500 до 5000	100
від 1000 до 10000	50

Після випаровування всієї води зовнішню поверхню чашки ретельно обтирають фільтрувальним папером, змоченим розбавленою (1:5) соляною кислотою, потім споліскують водою дистильованою, сушать паперовим фільтром, ставлять чашку з сухим залишком в сушильну шафу, нагріту до

105°C і витримують при цій температурі протягом 3 годин, охолоджують в ексикаторі протягом 30–50 хвилин і швидко зважують з точністю до 0,0001 г. Перевірку повноти висушування проводять повторним висушуванням протягом 30 хвилин. Різниця в масах двох повторних зважувань не повинна перевищувати 2 % від маси залишку.

Обробка результатів

Результат одиничного вимірювання масової концентрації сухого залишку у вихідній пробі, ρ_i , мг/дм³ знаходять за формулою:

$$\rho_i = (m_2 - m_1) \times 1000 / V, \quad (1)$$

де: m_1 – маса пустої порцелянової чашки, мг;

m_2 – маса чашки з висушеним залишком, мг;

V – об'єм води, взятий для аналізу, см³;

i – номер одиничного вимірювання, $i = 1, 2, 3$.

Результат обчислень за формулою (1) заокруглюють і записують до другої значущої цифри.

Результат вимірювань масової концентрації сухого залишку розраховують за формулою (2) як середнє арифметичне результатів трьох паралельних одиничних вимірювань ρ_1, ρ_2, ρ_3 :

$$\rho = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{3}. \quad (2)$$

Відносна максимальна розбіжність між якими при довірчій ймовірності 0,95 не перевищує значення нормативу оперативного контролю збіжності, $d_{3\sigma}$, %:

$$\frac{3|\rho_{max} - \rho_{min}|}{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3} \leq 0,01 \cdot d_{3\sigma}, \quad (3)$$

де ρ_{max} , ρ_{min} – максимальний та, відповідно, мінімальний з результатів трьох паралельних одиничних вимірювань ρ_1, ρ_2, ρ_3 .

Для масової концентрації сухого залишку від 50 до 10000 мг/дм³ включно значення нормативу оперативного контролю збіжності при довірчій ймовірності $P = 0,95$ становить 10 %.

Результат обчислень за формулою (2) заокруглюють і записують до цілих.

Контроль похибки

Контроль збіжності вимірювань проводять за розходженням результатів двох паралельних одиничних вимірювань масової концентрації алюмінію у робочій пробі, ρ_1 і ρ_2 , виконаних за умов збіжності. Рішення про задовільність збіжності приймають, якщо виконується вимога (3).

Контроль відтворюваності вимірювань проводять за максимальним розходженням результатів трьох повторних одиничних вимірювань масової концентрації сухого залишку у робочій пробі, ρ_1, ρ_2, ρ_3 виконаних різними виконавцями.

Рішення про задовільність відтворюваності приймають, якщо виконується вимога:

$$\frac{3|\rho_{max}-\rho_{min}|}{\rho_1+\rho_2+\rho_3} \leq 0,01 \cdot d_B, \quad (4)$$

де d_B – норматив оперативного контролю відтворюваності, %.

У діапазоні масової концентрації сухого залишку від 50 до 10000 мг/дм³ включно значення нормативу оперативного контролю відтворюваності при довірчій ймовірності $P = 0,95$ становить 9 %.

При незадовільних результатах контролю відтворюваності вимірювань, вимірювання припиняють, з'ясовують та усувають причини, що призвели до цього.

Контроль похибки вимірювань проводять за результатами вимірювання масової концентрації сухого залишку у трьох контрольних зразках, отриманих з однієї проби води, а саме:

ρ – у пробі води, що аналізується, мг/дм³;

ρ^* – у пробі води, що аналізується, розведеної у r разів (r повинно становити не менше, ніж 1,5) мг/дм³;

ρ^{**} – у пробі води, що аналізується, із введеною добавкою стандартного розчину натрію хлористого ρ_q , мг/дм³, що має складати 50 -150 % від вмісту сухого залишку у пробі води, що аналізується, мг/дм³.

Об'єм добавки розраховують за формулою:

$$V_q = \frac{\rho_q \cdot V_n}{\rho_{ст}}, \quad (5)$$

де: V_q – об'єм добавки, см³;

ρ_q – концентрація добавки, мг/дм³;

V_n – об'єм мірної колби, що використовується для приготування контрольного зразка з добавкою, см³;

$\rho_{ст}$ – масова концентрація стандартного розчину натрію хлористого, з якого відбирається добавка об'ємом V_q , 100,0 г/дм³.

Рішення про задовільну похибку результатів вимірювань приймають за умови:

$$\sqrt{(\rho^{**} - \rho - \rho_q)^2} + (r \cdot \rho^* - \rho)^2 \leq 0,01 \cdot K \cdot \rho, \quad (6)$$

де: K – норматив оперативного контролю похибки, %.

У діапазоні масової концентрації сухого залишку від 50 до 10000 мг/дм³ включно значення нормативу оперативного контролю похибки при довірчій ймовірності $P = 0,95$ становить 14 %.

Якщо масової концентрації сухого залишку у пробі, що аналізується, не дозволяє виконати розведення або внесення добавки для отримання контрольного зразка, що відповідає встановленому діапазону вимірювань, контроль похибки вимірювань проводять за результатами вимірювання масової концентрації сухого залишку у двох відповідних контрольних зразках.

Якщо контроль похибки вимірювань проводять лише за добавками, рішення про задовільну похибку результатів вимірювань приймають за умови:

$$|\rho^{**} - \rho - \rho_q| \leq 0,01 \cdot K' \cdot \rho, \quad (7)$$

де: K' – норматив оперативного контролю похибки, %.

У діапазоні масової концентрації сухого залишку від 50 до 100 мг/дм³ включно значення нормативу оперативного контролю похибки при довірчій ймовірності $P = 0,95$ становить 12 % .

Якщо контроль похибки вимірювань проводять лише за розведеннями, рішення про задовільну похибку результатів вимірювань приймають за умови:

$$|r \cdot \rho - \rho_q| \leq 0,01 \cdot K' \cdot \rho. \quad (8)$$

Вимірювання припиняють при незадовільних результатах контролю похибки вимірювань і з'ясовують та усувають причини, що призвели до цього.

Оформлення результатів вимірювань

Результат вимірювання представляють у вигляді:

$$(\rho \pm \Delta), \text{ мг/дм}^3; P=0,95; n=3,$$

де: $\pm\Delta$ – границі абсолютної похибки результату вимірювання масової концентрації сухого залишку для довірчої ймовірності $P = 0,95$, мг/дм³; n – кількість паралельних вимірювань, за якими було отримано результат; або результат вимірювання масової концентрації сухого залишку у поверхневих, підземних та зворотних водах (ρ), мг/дм³, границі сумарної відносної похибки ($\pm\delta$), %; $P = 0,95$, $n=3$.

Границі абсолютної похибки результату вимірювання масової концентрації сухого залишку у поверхневих, підземних та зворотних водах обчислюють за формулою:

$$\Delta = \frac{\delta \cdot \rho}{100}. \quad (9)$$

Результат обчислень заокруглюють до цілих.

Результат вимірювання повинен закінчуватись тим же десятковим розрядом, що і абсолютна похибка вимірювання.

Результати вимірювань заносять у робочий журнал та/чи до протоколу вимірювань.

Контрольні запитання

1. При якому сухому залишку вода вважається мінералізованою?
2. Як пов'язані між собою жорсткість і загальна мінералізація води?
3. Суть гравіметричного методу визначення сухого залишку у воді.
4. Як класифікують воду за мінералізацією?
5. Назвіть одиниці вимірювання мінералізації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Державні санітарні правила і норми «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання».* [Чинні від 12.05.2010 р.]. – Київ : ІЖКГ Держбуду України, 1999. – 55 с.

2. *ДБН В.2.5-74:2013.* Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинні від 01.01.2014 р.]. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. – 280 с.

3. *Запольський А.К.* Водопостачання, водовідведення та якість води : підручник. – Київ : Вища школа, 2005. – 671 с.

4. *Запольський А.К.* Фізико-хімічні основи очищення стічних вод : підручник / А.К. Запольський та ін. – Київ : Лібра, 2000. – 367 с.

5. *Тугай А.М.* Розрахунок і проектування споруд систем водопостачання : навчальний посібник / А.М. Тугай, В.О. Терновцев, Я.А. Тугай. – Київ : КНУБА, 2001. – 256 с.

Навчально-методичне видання

ВОДОПРОВІДНІ ОЧИСНІ СПОРУДИ

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
для бакалаврів спеціальностей
192 «Будівництво та цивільна інженерія»,
освітня програма «Водопостачання та водовідведення», та
194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології»

Укладачі: **Терновцев** Олексій Віталійович,
Зоря Олена Віталіївна

Випусковий редактор *Л. С. Тавлуй*
Комп'ютерне верстання *Д. М. Ніколаєвич*

Підписано до друку 17.05.2024. Формат 60 x 84_{1/16}
Ум. друк. арк. 1,86. Обл.-вид. арк. 2,00.
Електронний документ. Вид. № 26/III-24

Видавець і виготовлювач:

Київський національний університет будівництва і архітектури

Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002