



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Національний університет водного господарства
та природокористування
Кафедра охорони праці і безпеки життєдіяльності

064 – 164

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Промислова екологія» студентами за напрямом підготовки 6.170202 «Охорона праці»



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Рекомендовано методичною
комісією за напрямом підготовки
«Охорона праці»
Протокол №1
від 13.вересня 2011 р.

Рівне 2011



Національний університет

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Промислова екологія» студентами за напрямом підготовки 6.170202 «Охорона праці» /В.Л.Филипчук, М.В. Сурговський. - Рівне: НУВГП, 2011 - 45 с.

Упорядники: В.Л.Филипчук, д.т.н., професор, М.В. Сурговський, зав. лабораторією.

Відповідальний за випуск: В.Л.Филипчук, д.т.н., професор, завідувач кафедри охорони праці і безпеки життєдіяльності.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

©Филипчук В.Л.,
Сурговський М.В. 2011
©НУВГП, 2011



| | Стор. |
|--|-------|
| Вступ..... | 4 |
| Правила виконання лабораторних робіт..... | 4 |
| Безпека праці під час виконання лабораторних робіт..... | 4 |
| Лабораторна робота № 1 «Вивчення кислотно – основних та окисно – відновних властивостей води»..... | 6 |
| Лабораторна робота № 2 «Дослідження пом'якшення води на натрій - катіонітовому фільтрі»..... | 12 |
| Лабораторна робота № 3 «Дослідження процесів коагуляції та осадження зависі»..... | 17 |
| Лабораторна робота № 4 «Визначення дози лужного реагенту для осадження важких металів»..... | 22 |
| Лабораторна робота № 5 «Визначення витрати струму для електрохімічної очистки води від іонів шестивалентного хрому»..... | 27 |
| Лабораторна робота № 6 «Визначення вмісту токсичних газів та пари у повітрі промислових підприємств»..... | 32 |
| Лабораторна робота № 7 «Дослідження запиленості повітряного середовища у виробничих приміщеннях»..... | 41 |



Вступ

Мета лабораторних робіт з дисципліни «Промислова екологія» за напрямом підготовки 6.170202 «Охорона праці» полягає в ознайомленні студентів з основними технологіями очистки води та повітря від забруднюючих домішок та вимірюванням їх фізико-хімічних показників.

Правила виконання лабораторних робіт

Перед лабораторним заняттям студент повинен вивчити рекомендований теоретичний матеріал та переписати хід роботи в лабораторний зошит. В зошиті необхідно також відмітити умови проведення дослідів, а також записати рівняння хімічних реакцій, розрахункові формули та таблиці. Роботи в лабораторії виконуються студентами у складі робочих бригад. За кожною бригадою на весь час роботи закріплюється певне робоче місце.

Дані методичні вказівки містять опис кожної лабораторної роботи, вказівки до виконання математичного обчислення результатів експерименту, зміст звіту. Опису кожної лабораторної роботи передують короткі теоретичні відомості. Наприкінці роботи наведено перелік рекомендованої літератури. До виконання лабораторних робіт студенти допускаються після вивчення теоретичного матеріалу й опрацювання методичних вказівок до майбутньої роботи.

Після виконання роботи студент записує результати експериментів в зошит з лабораторних робіт, який перевіряє й підписує викладач. В період часу, виділеного для проведення лабораторної роботи, студент зобов'язаний виконати лабораторну роботу, оформити письмовий звіт з лабораторної роботи і захистити її.

Безпека праці під час виконання лабораторних робіт

Забороняється приступати до виконання експериментальних досліджень без наявності відповідного спецодягу (халата)

1. При роботі з кислотами, особливо сірчаною, необхідно вливати кислоти у воду, а не навпаки.
2. При опіках кислотами промити вражене місце водою, а потім слабким розчином соди.
3. При опіках лугами промити вражене місце водою, а потім розведе-



ним розчином оцтової кислоти.

4. При заповненні піпеток кислотами, лугами, коагулянтами та іншими реагентами необхідно користуватися гумовими грушами.
5. Всі роботи зі склом виконувати без застосування великих зусиль. Зняття пробок і гумових трубок проводити без надмірних зусиль захищеними руками.
6. Забороняється вмикати і регулювати електроприлади без дозволу викладача. У випадку поломки приладу негайно сповістити викладача.
7. По закінченні роботи студент повинен прибрати своє робоче місце, помити посуд і повідомити викладача.





Лабораторна робота № 1

Вивчення кислотно – основних та окисно – відновних властивостей води

Мета роботи

Ознайомитися з методами визначення рН і Eh середовища та вичити кислотно – основні та окисно – відновні властивості води.

Матеріальне забезпечення

- індикаторний універсальний папір;
- скляночки об'ємом 50 мл;
- фільтрувальний папір;
- іономір.

Загальні відомості

1. Активна реакція (рН) води

Вода, як слабкий електроліт, дисоціює незначною мірою з утворенням водневих H^+ і гідроксильних OH^- іонів



У хімічно чистій воді концентрації цих іонів однакові і при температурі $22^\circ C$ становлять 10^{-7} г-іон/л. Тому величина добутку цих іонів визначається:

$$[OH^-] \cdot [H^+] = 10^{-14} \quad (2)$$

Цей добуток називається **іонним добутком води** і при певній температурі зберігає постійну величину не тільки для чистої води, але і для водних розчинів, які містять хімічні з'єднання, що дисоціюють з утворенням водневих H^+ і гідроксильних OH^- іонів. Таким чином, щоб визначити концентрацію одного іону досить знати концентрацію другого іону, наприклад:

$$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{[H^+]} \quad \text{або} \quad [H^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]} \quad (3)$$

Величина рН (активна реакція водного середовища або водневий показник) **це від'ємний логарифм концентрації водневих іонів H^+ у воді:**

$$pH = -\lg[H^+] \quad (4)$$

Величина рН характеризує ступінь кислотності або лужності води:



$pH = 7$ – середовище нейтральне;
 $pH < 7$ – середовище кисле;
 $pH > 7$ – середовище лужне.

(5)

Більшість природних вод має pH в межах 6,5 – 8,5. Величина pH води залежить від наявності у воді карбонатів, гумових кислот, сірководню, вугільної кислоти, сильних основ, кислот та ін. Величина pH має велике значення у практиці водоочищення при проведенні таких операцій, як коагулювання, пом'якшення, знезалізнення, стабілізація та інші. У більшості випадків pH промислових стічних вод коливається у широких межах, що потребує регулювання цієї величини (нейтралізацію води) до нормативних значень перед відведенням їх у системи каналізації або безпосередньо у поверхневі джерела.

Кисле і лужне значення pH водного середовища негативно впливає на людину, живі організми, тому його величина нормується у питній воді та при скиді стічних вод в межах 6-9 од.

Визначення pH

Величину pH визначають колориметричним і електрометричним методами.

Колориметричний метод заснований на змінненні кольору кислотно – основного індикатору, що додається у пробу води у вигляді розчину або зафіксованого на індикаторному папері pH . Забарвлення розчину або смужки індикаторного паперу, що виникло при цьому, порівнюють із стандартним забарвленням.

Електрометричний метод заснований на вимірюванні потенціалу гальванічної пари, що виникає між вимірювальним скляним електродом та допоміжним стандартним електродом, що містяться у водному розчині. Вимірювальний скляний електрод (типу ЕСЛ 43-07) виготовлений з спеціального літєвого скла; допоміжний електрод являє собою хлорсрібний електрод, внутрішня порожнина якого заповнюється насиченим розчином хлориду калію. Розчин безперервно витікає в досліджувану воду через тонкий отвір у нижній частині електроду. Електроди підключені до приладу, який перетворює потенціал, що виникає між електродами, у покази мікроамперметру у вигляді величини pH середовища.

Оскільки величина pH залежить від температури води, то для виключення її впливу на вимірювання pH виконують ручну або автоматичну компенсацію температурного впливу за допомогою термометра та спеціального термокомпенсатора, що опускається разом з електродами у досліджувану воду.



2. Окисно – відновний потенціал (Eh) води

Взаємодія між частинками (іонами або молекулами) у водному розчині, що пов'язана з перерозподілом між ними електронів, називається процесами окиснення - відновлення або окисно-відновними реакціями.

Якщо частинка віддає електрон, то процес називається окисненням:



Ця частинка переходить із відновленої форми Red в окислену форму Ox .

Якщо частинка приєднує електрон, то процес називається відновленням:



Ця частинка переходить із окисленої форми Ox у відновлену форму Red .

Оскільки електрони у водному розчині не можуть знаходитись у вільному стані та процес віддавання електрону від однієї частинки завжди супроводжується приєднанням його до іншої частинки. І навпаки. Частинка (хімічна речовина), що віддає електрони називається відновником, а речовина що приймає електрон називається окисником. Тобто для протікання окисно-відновної реакції у воді завжди повинні бути присутні дві частинки (хімічні речовини або елементи): окисник і відновник.

При наявності у воді різних хімічних частинок з різним ступенем окиснення (валентністю) процес перегрупування електронів між окисниками та відновниками продовжується до того часу, доки між окисним та відновними формами цих частинок не встановиться рівновага. **Співвідношення між концентраціями окисної та відновної форми будь-якої частинки, в тому числі між концентраціями такого хімічного елементу як водень, відповідає встановленій рівноважній величині окисно – відновного потенціалу (редокс - потенціалу) середовища (Eh), який вимірюється у вольтах (В) або мілівольтах (мВ):**

$$\frac{Ox_1}{Red_1} = \frac{Ox_2}{Red_2} = \dots = \frac{Ox_i}{Red_i} = \frac{[H^+]}{[H_2]} \quad (8)$$

Величину Eh можна виміряти на приладі (іонометрі) аналогічно вимірюванні pH або розрахувати виходячи із співвідношення концентрацій окисленої $[Ox_i]$ та відновленої $[Red_i]$ форми будь-якої хімічної



частинки, що є у воді. Чисельно величину Eh (у вольтах) можна визначити:

$$Eh = E_o + \frac{2,3RT}{n \cdot F} \lg \frac{[Ox_i]}{[Red_i]}, \text{ В} \quad (9)$$

де E_o – нормальний електродний потенціал реакції;

R – газова стала;

T – абсолютна температура, при якій проходить реакція;

F – число Фарадея;

n – число електронів, що приймають участь у реакції

Вода може розкладатися також на кисень (окисник) і водень (відновник):



Тоді вода може розглядатися нейтральною з точки зору окисно – відновної взаємодії за умови рівності потенціалів водню і кисню, що знаходяться у воді

$$E_{O_2} = E_{H_2} \quad (11)$$

Використовуючи (9) та порівнявши E_{O_2} і E_{H_2} згідно із (11), отримуємо Eh_n нейтральної води відносно окисно – відновних взаємодій

$$Eh_i = +0,817 - 0,059 pH \quad (12)$$

Вище лінії, що описується отриманим рівнянням, розташована область, у якій вода має окисні властивості, нижче – відновні властивості. З отриманого рівняння виходить, що при $pH = 7$ величина $Eh = 0,404$ В. Ці значення pH і Eh (рис.1, точка А) будуть параметрами „абсолютно” нейтральної води.

Графічно взаємозв’язок між параметрами pH і Eh відображається у вигляді діаграми термодинамічної стабільності води (рис.1). Як видно, величини pH і Eh відокремлюють властивості води на чотири ділянки, що характеризують кислотно – лужні та окисно – відновні властивості середовища.

При високих значеннях Eh вода має окисні властивості, зокрема незаражуючу дію, руйнує органічні та біологічні домішки, що є у воді, окислює метали та інші забруднення. При низьких значеннях Eh вода має відновні властивості, переводить різні домішки у відновний стан, який може бути менш токсичний до живих організмів і навколишнього середовища, ніж окисний стан, однак сприяє розвитку процесів загнивання органічних домішок.

Більшість поверхневих вод в результаті контакту з повітрям має $Eh = (+0,4-0,6)V$ (слабоокисне середовище). Грунтові води через взаємодію з сульфідами, силікатами, сульфатами мають низькі значення Eh від $+0,1V$ до $-(0,2...0,4)V$ (відновне середовище).

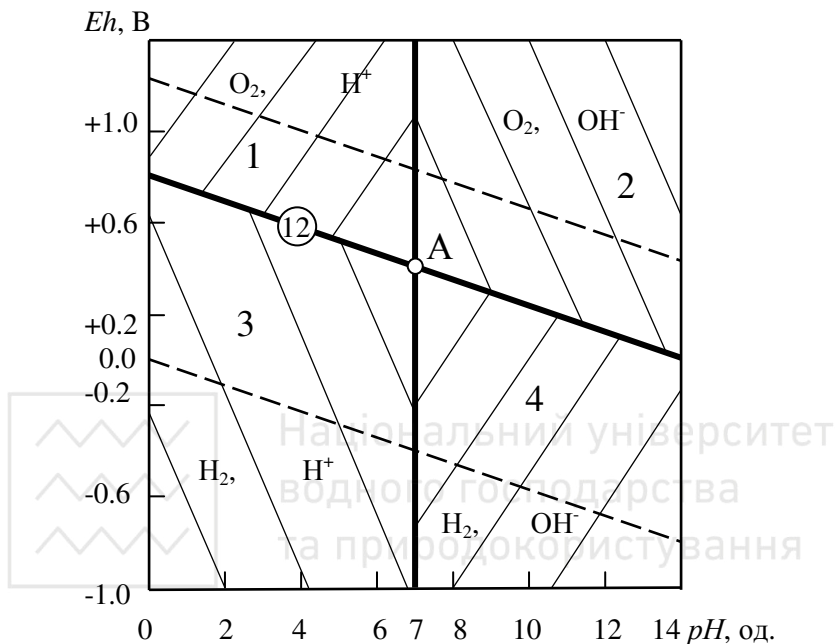


Рис.1. Діаграма, що характеризує значення pH і Eh у водному середовищі: 1 – кисле і окисне середовище; 2 – лужне і окисне середовище; 3 – кисле і відновне середовище; 4 – лужне і відновне середовище.

Визначення Eh

Величину Eh води визначають електрометричним методом аналогічно вимірюванню pH , використовуючи платиновий електрод, що являє собою скляну колбочку з впаяним у основу платиновим дротом.

Порядок виконання роботи

Величину pH вимірюють таким чином:

а) колориметричний метод.

У склянку наливають досліджувану воду і опускають туди на $1/2...2/3$ смужки універсального індикаторного паперу pH . Через $1...2$ секунди папір виймають і порівнюють його колір у нижній частині

смужки із стандартною шкалою кольоровості, що міститься на внутрішній стороні пакету універсального паперу pH .

По кольору паперу визначають величину pH води в одиницях. Значення pH води в одиницях позначені біля кожного кольору шкали кольоровості.

б) електрометричний метод.

У склянку з досліджуваною водою встановлюють вимірювальні електроди іонометру таким чином, що б їх нижні кінці знаходилися у воді. Для вимірювання pH включають відповідні кнопки, що знаходяться на передній панелі іонометру.

Використовуючи (5) визначають, яке середовище має вода.

Величину Eh води вимірюють електрометричним методом, як описано вище. Для цього використовують відповідне переключення кнопок на іонометрі для вимірювання Eh .

Використовуючи отримані значення pH та Eh по діаграмі (рис.1) можна графічно визначити до якої області окисно – відновних і кислотно – основних властивостей відноситься даний зразок води.

Визначити які окисно – відновні властивості має вода необхідно також аналітичним методом. Для цього використовуючи одержану величину pH , можна розрахувати за рівнянням (12) нейтральну величину Eh_n даної води. Якщо $Eh > Eh_n$, то вода має окисні властивості, якщо $Eh < Eh_n$ – то відновні властивості.

Зміст звіту

1. Назва лабораторної роботи.
2. Мета роботи.
3. Суть pH і Eh води.
4. Експериментальні та розрахункові дані визначення pH і Eh води та області властивостей досліджуваного середовища графічним та розрахунковим методом.
5. Висновки.

Література

1. Кульський Л.А., Накорчевская В.Ф. Химия воды. Киев, «Вища школа», 1983.
2. Рогов В. М., Филипчук В.Л. Электрохимическая технология изменения свойств воды. – Львов : Вища школа, 1989. - 121 с.



Лабораторна робота № 2

Дослідження пом'якшення води на натрій - катіонітовому фільтрі

Мета роботи

1. Вивчити основи катіонітового пом'якшення води.
2. Ознайомитись з методикою контролю за пом'якшенням шляхом визначення загальної та карбонатної жорсткості води.

Матеріальне забезпечення

- 1) секундомір;
- 2) мірні колби місткістю 250 мл;
- 3) реактиви:
 - 0.1 н розчин соляної кислоти;
 - 0.5% розчин фенолфталеїну;
 - 0.05% розчин метилового оранжевого;
 - 0.1 н розчин трилону Б;
 - аміачний буферний розчин (рН 10);
 - індикатор еріохром чорний Т.
- 4) Лабораторна установка для катіонітового пом'якшення води.

Загальні відомості

1. Жорсткість води

Жорсткість води обумовлена наявністю в ній іонів кальцію і магнію. Її вимірюють у ммоль-екв/дм³. Розрізняють карбонатну, некарбонатну і загальну жорсткість води.

Карбонатна жорсткість (J_k) обумовлена наявністю у воді гідрокарбонатів кальцію $Ca(HCO_3)_2$ і магнію $Mg(HCO_3)_2$ і називається тимчасовою, так як вона практично повністю видаляється при кип'ятінні води. Карбонатна жорсткість природних вод частіше всього відповідає загальній лужності води. Це пояснюється тим, що загальна лужність для подавляючої більшості природних вод обумовлена наявністю тільки гідрокарбонатних іонів (HCO_3^-), які зв'язані виключно з іонами кальцію (Ca^{2+}) і магнію (Mg^{2+}).

Некарбонатна жорсткість обумовлена наявністю у воді кальцієвих і магнієвих солей сильних кислот (головним чином хлоридних і сульфатних). Так як при кип'ятінні ці солі не видаляються, то карбонатна жорсткість називається постійною. У ряді випадків жорсткість, обу-

мовлену солями кальцію, називають кальцієвою, а солями магнію - магнієвою.

Загальна жорсткість (J_3) води дорівнює сумі карбонатної і некарбонатної жорсткості або сумі концентрацій іонів кальцію і магнію.

Жорстка вода не є значно шкідливою для здоров'я людини, однак підвищений вміст в воді солей кальцію і магнію робить її непридатною для господарсько-питних потреб і лімітується при її використанні на деякі виробничі потреби, при підживлюванні котлів і оборотних систем водопостачання. Зокрема загальна жорсткість у воді для підживлення водяних котлів не повинна перевищувати $0,1$ ммоль-екв/дм³, а для парових котлів – не вище $0,01$ ммоль-екв/дм³. Загальна жорсткість питної води, яка використовується для господарсько-питних потреб, не повинна перевищувати 7 ммоль-екв/дм³.

Процес вилучення солей жорсткості з води називається її пом'якшенням.

2. Пом'якшення води іонним обміном

Пом'якшення води іонним обміном базується на властивостях зерен спеціально синтезованого матеріалу (катіоніту) обмінювати катіони, якими попередньо "заряджені" його активні групи, на катіони кальцію та магнію, які знаходяться у воді. Внаслідок такої обмінної реакції катіоніт поглинає іони кальцію та магнію із води і віддає у воду замість поглинутих обмінні катіони, наприклад іони натрію (Na^+) або водню (H^+). В першому випадку процес пом'якшення називається натрій (Na^+) – катіонуванням, в другому – водень (H^+) – катіонуванням.

На практиці катіонітове пом'якшення води здійснюється шляхом її фільтрування через шар катіоніту, який завантажений в спеціальні фільтри у вигляді зерен. Найбільш поширеними є катіоніти: сульфогілля та спеціально синтезовані іонообмінні матеріали (смоли), зокрема КУ-2.

Під час фільтрування жорсткої води через шар катіоніту він поступово втрачає здатність зм'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. Після цього проводиться регенерація катіоніту.

Процес регенерації включає в себе наступні операції:

- 1) розпушування катіоніту потоком сирової води, яку пропускають знизу вгору через фільтр;
- 2) регенерація катіоніту проводиться розчином кухонної солі

($NaCl$), що вміщує катіони натрію (Na^+) або розчином соляної кислоти (HCl), що вміщує катіони водню (H^+). Регенераційний розчин пропускають зверху-вниз через фільтр. При регенерації затримані катіонітми іони кальцію та магнію переходять у розчин і заміщаються на зернах катіоніту іонами натрію (Na^+) або водню (H^+), які забираються із розчину.

3) відмивка катіоніту від продуктів регенерації проводиться потоком пом'якшеної води зверху-вниз.

Порядок виконання роботи

Лабораторна установка для пом'якшення води (рис.2) представляє собою бюретку 1, закріплену у штативі 2 і заповнену катіонітом 3. Внизу бюретки є кран 4 для регулювання витрати води.

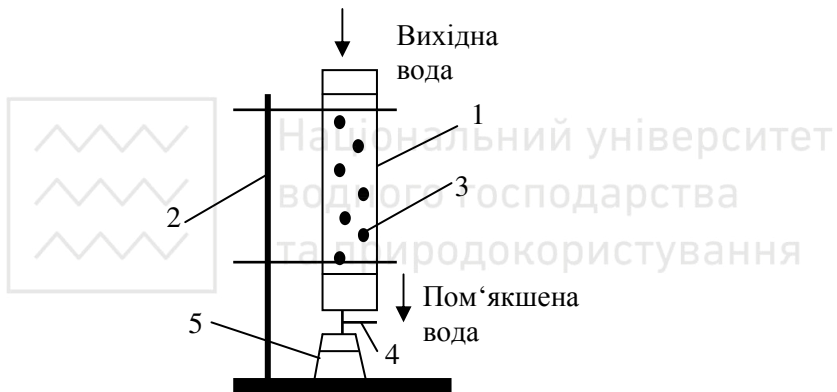


Рис.2. Схема лабораторної Na- катіонітової установки для пом'якшення води: 1 – скляна бюретка, 2 – штатив, 3 – катіоніт, 4 – кран, 5 – колба для пом'якшеної води

Вихідна вода подається зверху в бюретку 1, фільтрується через шар катіоніту 3 і відбирається у скляну колбу 5 з крану 4. Попередньо у вихідній воді визначають лужність і загальну жорсткість. Періодично у пом'якшеній воді визначають загальну жорсткість до того моменту, коли її жорсткість починає збільшуватись вище 0,1ммоль-екв/л. При збільшенні жорсткості вище такої величин вважається, що катіонітний фільтр повинен регенеруватись.

Визначення карбонатної жорсткості (лужності) води

Із підготовленої до аналізу проби в конічну колбу місткістю 250

см³ відбирають піпеткою 100 см³ дослідної води.

Для визначення лужності до проби додають 2-3 краплі розчину фенолфталеїну. Якщо з'явиться рожеве забарвлення, то воду титрують 0.1 н розчином соляної кислоти до знебарвлення. Витрачена на титрування кількість кислоти, яка відповідає лужності води за фенолфталеїном, записують в таблицю 2.

Потім в ту ж пробу додають 2-3 краплі розчину метилового оранжевого і продовжують титрування 0.1н розчином соляної кислоти до переходу забарвлення із жовтого до рожевого. Витрачена на титрування кількість кислоти, яка відповідає лужності води за метиловим оранжевим записують в таблицю 3.

Загальну лужність води в ммоль-екв/дм³ визначають за формулою

$$L_{\text{заг}} = (a+v) \cdot N \cdot 1000 / W, \quad (1)$$

де a - об'єм розчину кислоти, витрачений на титрування з фенолфталеїном, см³; v - об'єм розчину кислоти, витрачений на титрування з метиловим оранжевим, см³; N - нормальність розчину соляної кислоти, ммоль-екв/дм³; W - об'єм проби, см³.

Якщо лужність за фенолфталеїном дорівнює нулю або набагато менша загальної лужності, то карбонатну жорсткість (J_K) приймають рівною загальній лужності води

$$(L_{\text{заг}} = J_K) \quad (2)$$

Визначення загальної жорсткості води

Загальну жорсткість ($J_{\text{заг}}$) природних вод визначають комплексометричним способом, який заснований на утворенні при pH 10 міцних комплексних з'єднань трілому Б (двунатрієва сіль етилендіамінтетраускусної кислоти) з іонами кальцію і магнію.

В якості індикатора використовують еріохром чорний Т. Його водний розчин в лужному середовищі ($pH=10$) має синій колір. В присутності іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} розчин еріохром чорного Т змінює синій колір на винно-червоний внаслідок утворення нестійких комплексів металу з індикатором:

В процесі титрування ці нестійкі комплекси руйнуються і спочатку утворюються стійкі комплексні сполуки трілому Б з іонами Ca^{2+} , а потім з іонами Mg^{2+} . В кінці титрування, коли іони Ca^{2+} і Mg^{2+} повністю з'єднуються в комплекс з трілоном Б, індикатор еріохром чорний Т звільняється і забарвлює розчин в синій колір:

Таким чином, зміна забарвлення розчину відбувається в еквівалентній точці, коли кількість витраченого на титрування трилону Б еквівалентна вмісту іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} , тобто загальній жорсткості води. Необхідне лужне середовище ($pH=10$) створюється додаванням до проби води декілька крапель аміачного буферного розчину.

Точність визначення складає 0.05 ммоль-екв/дм³.

У конічну колбу вносять 100 см³ відфільтрованої дослідної води або менший об'єм, розбавлений до 100 мл дистильованою водою. Сумарний вміст іонів кальцію та магнію в дослідному об'ємі води не повинен перевищувати 5 ммоль-екв/дм³. Потім до проби додають 5 см³ буферного розчину, 5-7 крапель індикатора еріохрому чорного Т і зразу титрують при сильному збовтуванні 0.1 н розчином трилону Б до переходу забарвлення з вишнево-червоного в синє. Витрачену на титрування кількість трилону Б записують у таблицю 3. Якщо на титрування було витрачено більше 10 мл 0.1 н розчину трилону Б, то це показує, що у відміреному об'ємі води сумарний вміст іонів кальцію та магнію більше 0.5 ммоль-екв/дм³. В таких випадках потрібно визначення повторити для меншого об'єму дослідної води, розбавивши його до 100 мл дистильованою водою.

Загальну жорсткість води в ммоль-екв/дм³ обчислюють за формулою

$$Ж_{заг} = 0,1 V K 1000 / W \quad (3)$$

де V – кількість розчину трилону Б, витраченого на титрування, см³; K – поправочний коефіцієнт до нормальності розчину трилону Б; W – об'єм води, взятої для дослідів, см³.

Некарбонатна жорсткість

Некарбонатну жорсткість ($Ж_{нк}$) обчислюють як різницю між загальною ($Ж_{заг}$) та карбонатною ($Ж_{к}$) жорсткістю за формулою

$$Ж_{нк} = Ж_{заг} - Ж_{к} \quad (4)$$

Визначення карбонатної, некарбонатної і загальної жорсткості проводять три рази і результати дослідів записують в таблицю 1.

Зміст звіту

1. Назва лабораторної роботи.
2. Мета роботи.
3. Загальні поняття про жорсткість води та її катіонітове пом'якшення.



4. Результати експериментів та розрахунки визначення жорсткості води.
5. Висновки.

Таблиця 1

Результати визначення лужності (карбонатної жорсткості) та жорсткості води

| № проби | Об'єм проби для аналізу, W $см^3$ | Об'єм 0.1н $HC1$ на титрування з фенолфталеїном, a , $см^3$ | Об'єм 0.1 н HC на титрування з метилово-оранжевим, b , $см^3$ | Об'єм 0.1н трилону Б, V , $см^3$ | Лужність за фенолфталеїном, L_f , ммоль-екв/дм ³ | Лужність загальна, $L_{заг}$, ммоль-екв/дм ³ | Жорсткість карбонатна, J_k , ммоль-екв/дм ³ | Жорсткість загальна, $J_{заг}$, ммоль-екв/дм ³ | Жорсткість некарбонатна, $J_{нк}$, ммоль-екв/дм ³ |
|---------|--|---|---|------------------------------------|---|--|--|--|---|
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | |

Література

2. Кульский Л.А., Накорчевская В.Ф. Химия воды. Киев, «Вища школа», 1983.
3. Унифицированные методы анализа вод. Под ред. Ю.Ю. Лурье. М., «Химия», 1971.
4. Инструкция по определению физико-химических и технологических показателей качества воды и реагентов, применяемых на водопроводах. М., СИ, 1973.
5. ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая».
6. ДСанПН «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного призначення», 1996.

Лабораторна робота № 3

Дослідження процесів коагуляції та осадження зависі

Мета роботи

1. Ознайомитися із процесом прояснення й знебарвлення води при

її коагулюванні глиноземом (сірчанокислим алюмінієм $Al_2(SO_4)_3$).

2. Визначити оптимальну дозу коагулянту.
3. Дослідити процес осадження зависі.

Матеріальне забезпечення

1. 8 мірних скляних циліндрів ємністю 0,5 л.
2. Скляна паличка для перемішування води.
3. Дві мірні піпетки ємністю 50 мл.
4. 1%-ий водний розчин сірчанокиислого алюмінія. Для його приготування в мірну колбу ємністю 1,0 л помістити 19,5 г $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, розчиняють в 200-300 мл дистильованої води, нагрітої до 50-60°C, охолоджують і доводять до мітки дистильованою водою.

Загальні відомості

Забарвлення природної води (кольоровість) визивається гуминовими речовинами, каламутність – частинами глини, ґрунту, кремнекислоти, а стічних вод - також іншими речовинами. Більшість речовин, що обумовлюють кольоровість і каламутність природних і стічних вод, знаходяться в колоїдному стані. Ці речовини мають розмір частинок $10^{-5} - 10^{-6}$ см і називаються колоїдними частинками. Вони мають переважно негативний заряд, який перешкоджає злипанню їх в більш крупні агрегати. Внаслідок цього частинки забруднень можуть довгий час знаходитися у зваженому стані, не випадаючи в осад.

Концентрація зависі (каламутність) у природній та стічній воді може досягати 500-1200 мг/л, кольоровість – 150 градусів і вище. Каламутність лімітується у питній воді, а також у стічних водах підприємств та населених пунктів, що скидаються у навколишнє природне середовище. Зокрема, згідно ГОСТ 2874-82 «Вода питна» каламутність питної води не повинна перевищувати 1,5 мг/л, кольоровість – 20 град.

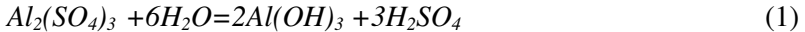
Для очищення води від колоїдної зависі проводять додавання до води **розчинів хімічних реагентів (коагулянтів)**, що призводить до укрупнення колоїдних частинок і прискорює їх осадження. У якості споруд для осадження (седиментації) зависі застосовують горизонтальні, вертикальні, радіальні та тонкошарові відстійники.

В технології очистки води найчастіше використовують **гідролізу-ючі коагулянти**. Найбільше розповсюдження отримали сірчанокислий алюміній $Al_2(SO_4)_3$ (глинозем), і хлорне залізо $FeCl_3$, а також основний хлорид (або сульфат) алюмінію (алюмінієвий коагулянт «Пол-



вак»). Рідше використовують залізний купорос $FeSO_4$, а також змішаний коагулянт, який складається з $Al_2(SO_4)_3$ і $FeCl_3$.

При введенні в воду коагулянт гідролізується (взаємодіє з водою):



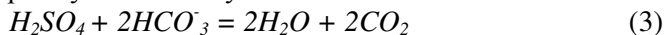
або



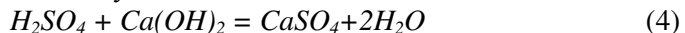
В результаті гідролізу утворюються коагулюючі іони металу, які нейтралізують заряд колоїдних частинок, а також малорозчинні гідроксиди металів $Al(OH)_3$ і $Fe(OH)_3$ у вигляді позитивно-заряджених частинок, які мають високорозвинену поверхню. Внаслідок нейтралізації колоїдні частинки забруднень злипаються між собою. Крім того вони прилипають до пластивців гідроксиду коагулянту або механічно захвачуються ними. Внаслідок цих процесів утворюються крупні пластівці, які швидко осаджуються у воді. Одночасно частина розчинених речовин сорбується на пластівцях коагулянту, що додатково підвищує ефективність очищення води.

Процес злипання мілких частинок зависі у крупні пластівці (агрегати) називається **коагуляцією** домішок. Технологічний процес введення коагулянту у воду для її очищення називається **коагулюванням** води.

Оскільки утворені кислоти H_2SO_4 і HCl гальмують процес коагуляції, то потрібна їх нейтралізація. Якщо у воді знаходиться деяка концентрація гідрокарбонат-іонів (HCO_3^-), які обумовлюють лужність води, то вони нейтралізують кислоту:



При недостатній лужності для нейтралізації утвореної кислоти воду додатково підлужують розчином лугу, зокрема вапном $Ca(OH)_2$, який вводять разом з коагулянтом:



Кількість коагулянту в мг/л, яка додається у воду називається дозою коагулянту. Вона залежить від кольоровості, каламутності, складу, температури та інших показників якості води. Як недостатня, так і надлишкова доза коагулянту призводить до утворення мілких пластивців зависі та гальмування процесу коагуляції, що знижує якість очищення води. **Оптимальною називається найменша доза коагулянту в мг/л, яка забезпечує утворення великих, швидко осідаючих пластивців зависі.** Попередньо дозу коагулянту можна прийняти згідно нормативних документів (СНиП 2.04.02-84) по кольоровості та каламутності води, прийнявши для розрахунків більшу дозу з двох. Більш

точніше дозу коагулянту визначають експериментально шляхом пробного коагулювання води. Необхідність підлужування і дозу лугу визначають розрахунковим шляхом.

Для інтенсифікації коагуляції у воду можна додавати розчин спеціального реагенту (флокулянту), який сприяє утворенню крупних і швидко осідаючих пластівців (флокулів) та скорочує тривалість осадження зависі.

Порядок виконання роботи

Визначення оптимальної дози коагулянту

У 8 мірних скляних циліндрів наливають по 0,5 л дослідної води, що вміщує завислі колоїдні домішки. В кожний циліндр мірною піпеткою додають розчин коагулянту в кількості, вказаній у таблиці 2.

Таблиця 2.

| Показники | № циліндра | | | | | | | |
|--|------------|----|-----|-----|-----|------|-----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Об'єм розчину коагулянту, який додається в циліндр, мл | 0,5 | 1 | 2,5 | 5 | 7,5 | 12,5 | 15 | 20 |
| Доза коагулянту в циліндрі, мг/л | 10 | 20 | 50 | 100 | 150 | 250 | 300 | 400 |

Після додавання розчину коагулянту у воду в кожному циліндрі перемішують десятьма круговими рухами скляної палички. Операції додавання розчину коагулянту і змішування води проводять в кожному циліндрі почергово. Після цього спостерігають за процесом утворення пластівців у всіх циліндрах протягом 1 години, вимірюючи тривалість коагуляції. Результати спостережень заносять в таблицю 3, в якій наведено приклад запису результатів спостереження.

Оптимальною буде доза коагулянту, при якій візуально спостерігається більш швидко поява великих швидко осідаючих пластівців. Як видно із таблиці 2, **для наведеного прикладу оптимальною є доза коагулянту 50 мг/л (циліндр 5).**

У практиці водопостачання для більш точного визначення дози коагулянту через дві години після додавання розчину коагулянту із кожного циліндра обережно відбирають піпеткою по 150 мг проясненої води. Потім вимірюють її каламутність і після фільтрування через паперовий фільтр – кольоровість. На основі отриманих даних будують

графічні залежності «кольоровість – доза коагулянту» і «каламутність – доза коагулянту» і визначають дві оптимальні дози коагулянту. По найбільшій з двох оптимальних доз, визначають одну оптимальну дозу коагулянту.

Таблиця 3

| Час від початку проведення дослідження, хв | Номер циліндра | | | | | | | |
|--|----------------|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 2 | | | | | П | | | |
| 5 | | | П | П | | П | П | П |
| 10 | | П | | | МХ | | | |
| 15 | | | МХ | МХ | | МХ | МХ | МХ |
| 20 | | | | | КХ | | | |
| 25 | П | | | | 0 | КХ | | |
| 30 | | | | | | | | |
| 40 | | МХ | | КХ | | 0 | КХ | |
| 50 | МХ | | КХ | 0 | | | 0 | КХ |
| 60 | | | 0 | | | | | 0 |

Умовні позначення: П – початок помутніння води, МХ – утворення маленьких пластівців, ледь помітних, КХ – утворення великих пластівців, 0 – початок прояснення води і осадження пластівців.

Дослідження процесу осадження зависі

Прослідкувати, в яких двох циліндрах найшвидніше починають утворюватись крупні пластівці і прояснюватись вода. Після початку прояснення води через проміжки часу на протязі години замірювати висоту осаду (шару мутної води, h_i) в нижній частині циліндрів і записувати дані в таблицю 4. Попередньо заміряють висоту шару мутної води (h_0) в циліндрах на початку прояснення.

Таблиця 4

| Номер циліндру | Висота шару осаду (мутної води, см) від початку прояснення води (t), хв | | | | | | | | |
|----------------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 60 |
| h_0 | | | | | | | | x | |
| h_0 | | | | | | x | | | |

Із отриманих даних вибирають циліндр, у якому найшвидніше протікав процес осадження зависі, і фіксують кінцевий час осадження (t_x).



Визначають швидкість осадження зависі в циліндрі:

$$V = \frac{h_o}{t_x}, \text{ мм/с} \quad (5)$$

Розраховують тривалість осадження зависі у реальному відстійнику, приймаючи його висоту ($h_p=2-3$ м):

$$t_p = \left(\frac{h_p}{h_o} \right)^n t_x, \text{ хв. (год.)} \quad (6)$$

де n – показник степеня, що враховує відхилення від лінійної залежності осадження зависі в реальних умовах (приймається 0,2-0,5).

Для наочності дії флокулянту на процес коагуляції та осадження в циліндр, в якому мляво протікав процес коагуляції, додають декілька крапель розчину флокулянту, перемішують воду та спостерігають за процесом осадження зависі.

Зміст звіту

1. Назва лабораторної роботи.
2. Мета роботи.
3. Загальні поняття про коагуляцію зависі та коагулювання води.
4. Результати експериментів та розрахунки оптимальної дози коагулянту та тривалості осадження зависі.
5. Висновки.

Література

1. Таубе П.Р., Баранова А.Г. Практикум по химии воды. - М.: Высшая школа, 1971 – 128 с.
2. Кульский Л.А., Накорчевская В.Ф. Химия воды. Киев: Вища школа, 1983. – 182 с.
3. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1974. - 478 с.

Лабораторна робота № 4

Визначення дози лужного реагенту для осадження важких металів.

Мета роботи

Ознайомлення з методикою визначення дози лужного реагенту, необхідної для осадження важких металів при очищенні стічної води.



Матеріальне забезпечення

модель стічної води, що розчин $NiSO_4$, з концентрацією іонів нікелю 50 мг/л, приготовлений на дистильованій воді;

- склянка об'ємом 150 мл;
- 0,1N розчин їдкого натру;
- бюретка об'ємом 25 мл;
- лабораторний рН-метр;
- скляний циліндр об'ємом 500 мл.

Загальні відомості

Для очищення стічної води промислових підприємств від іонів важких металів (цинку, міді, хрому (III), заліза (II,III), кадмію, нікелю) широко застосовується осадження металів з використанням лужних реагентів.

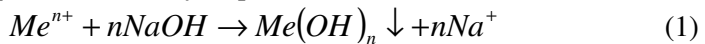
Найбільш часто осаджують катіони металів за допомогою їдкого натру (каустична сода $NaOH$), гідроксиду кальцію (гашене вапно $Ca(OH)_2$), карбонату натрію (кальцинована сода Na_2CO_3), карбонату кальцію (вапняк, крейда, мармур $CaCO_3$).

Осадження катіонів металів відбувається у вигляді гідроксидів $Me(OH)_n$ або карбонатних солей $Me_n(OH)_n CO_3$.

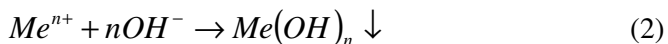
Утворений осад відділяють від водної фази відстоюванням, флоатцією, фільтруванням.

Для кожного іону металу характерна визначена величина pH осадження гідроксиду (табл. 4).

При вводиті лужного реагенту у стічну воду за рахунок іонів OH^- pH_c середовища починає збільшуватись до pH_n початку утворення гідроксиду. Далі ріст pH значно сповільнюється, що пояснюється зв'язуванням іонів OH^- з іонами металу та утворенням малорозчинних сполук гідроксидів металу за реакцією



або в іонному вигляді



Після повного осадження іонів металу, що відповідає кінцевому значенню pH_k , величина pH розчину знову починає зростати за рахунок накопичення іонів OH^- . В результаті крива залежності „ pH – до-

Значення pH осадження гідроксидів металів

| Гідроксид | Значення pH | | | | |
|------------|---|-------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | початку оса- дження при кон- центрації іону | | повного осажден- ня(ост. конц. 10^{-5} М) | початку розчи- нення осаду | повного розчи- нення осаду |
| | 1 М | 0,01М | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| $Sn(OH)_4$ | 0 | 0,5 | 1 | 13 | 15 |
| $Sn(OH)_2$ | 0,9 | 2,1 | 4,7 | 10 | 13,5 |
| $Fe(OH)_3$ | 1,5 | 2,3 | 4,1 | 14 | - |
| $Al(OH)_3$ | 3,3 | 4,0 | 5,2 | 7,8 | 10,8 |
| $Cr(OH)_3$ | 4,0 | 4,9 | 6,8 | 12 | 15 |
| $Zn(OH)_2$ | 5,4 | 6,4 | 8,0 | 10,5 | 12...13 |
| $Cu(OH)_2$ | - | - | 8...10 | 12 | - |
| $Fe(OH)_2$ | 6,5 | 7,5 | 9,7 | 13,5 | - |
| $Ni(OH)_2$ | 6,7 | 7,7 | 9,5 | - | - |
| $Cd(OH)_2$ | 7,2 | 8,2 | 9,7 | - | - |

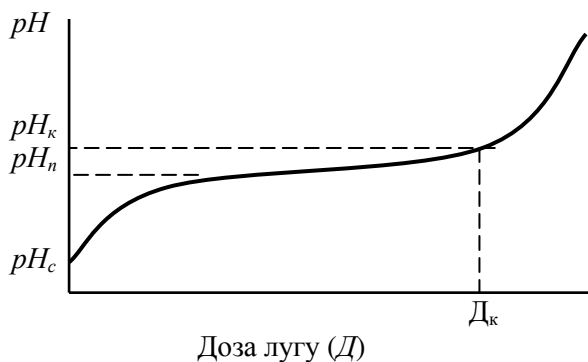


Рис.3. Залежність величини pH розчину від дози лугу при осадженні важких металів



Полога ділянка кривої вказує на початкове (pH_n) і кінцеве (pH_k) значення pH , у інтервалі яких відбувається осадження іонів металу. Доза лугу (D_k), необхідна для повного осадження іонів металу відповідає величині (pH_k) на кривій титрування.

Більш точно дозу лугу (D_k) можна отримати, якщо при додаванні лужного реагенту визначати концентрацію іону металу у відфільтрованої стічній воді. Необхідна доза лугу буде відповідати мінімальній концентрації іонів металу у воді.

Підвищення pH води вище значення pH повного осадження металу може призвести до розчинення утворених гідроксидів, тому що деякі з них мають амфотерні властивості, тобто можуть розчинятись при надлишковій кількості лугу. Такі властивості найбільш характерні для іонів алюмінію і цинку (див. табл. 4). Тому передозування лугу може призвести до повторного забруднення очищеної води іонами металу. Особливо точне значення pH середовища при очищенні повинно втримуватись для стічної води, що містить суміш важких металів, у яких різні величини pH утворення гідроксидів. Для осадження суміші важких металів найбільш доцільним є встановлення pH в межах 9,8-10,2 од.

В практичних умовах при нейтралізації кислих стічних вод, що містять солі важких металів, кількість лужного реагенту (G , кг) орієнтовно можна визначити за формулою

$$G = \frac{K_3 Q (aA + b_1 C_1 + b_2 C_2 + \dots + b_n C_n) 100}{B} \quad (3)$$

де K_3 - коефіцієнт запасу витрати реагенту у порівнянні з теоретичним (для вапняного молока дорівнює 1,1, для вапняного тіста і сухого вапна – 1,5);

Q - кількість стічних вод, що підлягають нейтралізації, m^3 ;

a - витрата реагенту на нейтралізацію (визначається за табл. 5);

A - концентрація кислоти або лугу, $кг/м^3$;

b - кількість реагенту, який необхідний для переведення металів з розчиненого стану в осад (визначається за табл.6);

C - концентрація металів у стічних водах, $кг/м^3$;

B - кількість активної частини у товарному продукті, %.

Після додавання лужного реагенту і утворення малорозчинних сполук важких металів стічну воду направляють у відстійник і далі на фільтр для повного очищення від зависі.



Витрата реагентів для нейтралізації 100 % кислот та лугів

| Луг | Кислота | | |
|-------------------------------|--------------------|---------------|-----------------|
| | Сірчана, H_2SO_4 | Соляна, HCl | Азотна, HNO_3 |
| Негашене вапно, CaO | <u>0,56</u> | <u>0,77</u> | <u>0,46</u> |
| | 1,79 | 1,30 | 2,20 |
| Гашене вапно, $Ca(OH_2)$ | <u>0,76</u> | <u>1,01</u> | <u>0,59</u> |
| | 1,32 | 0,99 | 1,70 |
| Кальцинована сода, Na_2CO_3 | <u>1,08</u> | <u>1,45</u> | <u>0,84</u> |
| | 0,93 | 0,69 | 1,19 |
| Каустична сода, $NaOH$ | <u>0,82</u> | <u>1,10</u> | <u>0,64</u> |
| | 1,22 | 0,91 | 1,57 |

Примітка: над рискою наведена кількість лугу у г на 1г кислоти; під рискою – кількість кислоти у г на 1г лугу.

Таблиця 6

Витрата реагентів, що необхідні для осадження металів

| Метал | Витрата реагентів, г/г | | | |
|---------|------------------------|------------|------------|--------|
| | CaO | $Ca(OH)_2$ | Na_2CO_3 | $NaOH$ |
| Цинк | 0,85 | 1,13 | 1,60 | 1,22 |
| Нікель | 0,95 | 1,26 | 1,80 | 1,36 |
| Мідь | 0,88 | 1,16 | 1,66 | 1,26 |
| Залізо | 1,00 | 1,32 | 1,90 | 1,43 |
| Свинець | 0,27 | 0,36 | 0,51 | 0,38 |

Порядок виконання роботи

У склянку об'ємом 150 мл наливають 50 мл розчину $Ni(OH)_2$ з концентрацією іонів нікелю 50 мг/л. Потім у розчин періодично додають з бюретки по 0,1 мл 0,1 Н розчину їдкого натру і замірюють після кожного додавання та перемішування величину pH . Розчин лугу додають до того часу, поки величина pH розчину не перевищить значення pH_k на 1,0...1,5 од. (для нікелю $pH_k = 9,5$).

Результати вимірювань записують у табл.7.

Дозу лугу (D_k , мг/л) визначають за формулою

$$D_k = 20 \cdot V \cdot C \quad (4)$$

де V - об'єм 0,1Н розчину $NaOH$, що витратили на титрування, мл;

C - концентрація $NaOH$, мг/л (для 0,1Н розчину $NaOH$ $C = 4$



мг/л);

20 – коефіцієнт приведення об'єму проби, що узята на титрування (50 мл) до 1 л.

За даними, що наведені у табл.7, будують графік залежності pH рідини від дози лугу (D) (див. рис.3).

Користуючись одержаними даними, визначають дозу лугу (D_k) $NaOH$, необхідну для осадження іонів нікелю. Потім за формулою (5) з використанням таблиці 6 визначають розрахункову кількість лугу (G), необхідного для осадження іонів важких металів заданої концентрації 50 мг/л.

Таблиця 7

| | | | | | | | | |
|----------------------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|
| Об'єм 0,1N розчину $NaOH$ (V),мл | 0 | | | | | | | |
| pH | | | | | | | | |
| Доза лугу (D), мг/л | 0 | | | | | | | |

Зміст звіту

1. Назва лабораторної роботи.
2. Мета роботи.
3. Суть методу осадження іонів важких металів лужними реагентами при очистці стічної води.
4. Експериментальні та розрахункові дані визначення дози лужного реагенту, необхідної для осадження іонів нікелю.
5. Висновки.

Література

1. Ласков Ю.М., Воронов Ю.В., Калицун В.И. Примеры расчетов канализационных сооружений. - М., Стройиздат, 1987.
2. Глинка Н.Л. Общая химия. - Л.: Химия, 1985.
3. Лурье Ю.Ю.Справочник по аналитической химии. - М.: Химия, 1967.

Лабораторна робота № 5

Визначення витрати струму для електрохімічної очистки води від іонів шестивалентного хрому

Мета роботи

Визначення витрати струму, яка необхідна для очищення стічної



води від іонів шестивалентного хрому електрохімічним методом з використанням залізних електродів.

Матеріальне забезпечення

- елементи електричної схеми згідно рис.4: регулюючий випрямляч, амперметр;
- електродна система, що складається з двох плоскопаралельних електродів, виготовлених із Ст.0 або Ст.3 і зафіксованих між собою на віддалі 10 мм;
- секундомір;
- промивна стічна вода гальванічного цеху з наявністю іонів шестивалентного хрому 10...50 мг/л, або розчин двохромово-кислого калію, що містить 50 мг/л хрому (VI), приготовлений на водопровідній воді;
- склянка об'ємом 100 мл;
- реактиви для якісного визначення іонів шестивалентного хрому: розчин 2Н сірчаної кислоти і 0,1 % розчин дефинілкарбазиду;
- дистильована вода;
- скляні пробірки;
- піпетки.

Загальні відомості

Іони шестивалентного хрому ($Cr_2O_7^{2-}$, $HCrO_4^-$), що можуть знаходитись у стічних водах підприємств від виробництва гальваніки, друкованих плат, після очищення промислового повітря від конденсату тощо, є надзвичайно токсичними. Ці іони мають сильну окисну, канцерогенну (пухлиноутворюючу) та іншу небезпечну дію на людину. Тому вони значно обмежуються при скиді стічних вод у системи каналізації або водоймища (не більше 0,01 мг/л).

Для очистки стічних вод від іонів шестивалентного хрому або хрому (VI) найчастіше використовують його відновлення різними хімічними реагентами для переведення хрому (VI) в хром (III), який є значно менш токсичним. Найчастіше використовують сірчаноокислі відновники (Na_2SO_3) та двовалентне залізо ($FeSO_4$). В останні роки набув поширення електрохімічний метод відновлення хрому (VI) в хром (III) з використанням процесу розчинення залізних електродів („електрокоагуляція”). Цей процес дозволяє повністю автоматизувати процес очищення та відмовитись від використання реагентів-відновників.

Суть методу полягає в тому, що під дією постійного електричного струму, який поданий на залізні електроди, що знаходяться у стічній

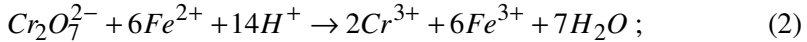


воді, відбувається іонізація (розчинення) залізних анодів з утворенням іонів двохвалентного заліза, які є відновниками:

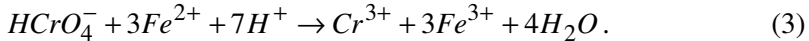


Іони двохвалентного заліза відновлюють іони хрому (VI) в хром (III) і переходять у тривалентне залізо:

- у кислому середовищі



- у нейтральному середовищі



На катоді внаслідок електродної реакції виділяється газоподібний водень:

- у кислому середовищі



- у нейтральному та лужному середовищах



Після електрохімічної обробки до води додають луг з метою осадження гідроксидів хрому (III) і заліза (III). Далі завдяки гідроксидів відділяють від водної фази флотацією, відстоюванням, освітленням, фільтруванням води.

Кількість утворених іонів заліза (II) при обробці води пропорційна кількості електричного струму (P , Кл), що пройшов через електричну систему

$$P = I \cdot t , \quad (6)$$

де I - величина струму, А; t - тривалість проходження струму, сек.

Загальна кількість електричного струму (P_3 , Кл) і отже, кількість іонів заліза (II), необхідна для відновлення іонів хрому (VI), прямопропорційна концентрації цих іонів ($C_{Cr^{6+}}$, мг) в одиниці об'єму води, що належить обробити

$$P_3 = P \cdot C_{Cr^{6+}} = I \cdot t \cdot C_{Cr^{6+}} . \quad (7)$$

Кількість електричного струму, що пройшов через електричну систему, віднесена до об'єму рідини, називається **витратою струму** (D , Кл/л), яку визначають за формулою

$$\ddot{A} = \frac{P}{W} = \frac{I \cdot t}{W} , \quad (8)$$

де W - об'єм стічної води, л (у даній роботі береться $W = 0,05$ л).



Теоретична витрата струму (D_m , Кл/л), необхідна для відновлення певної концентрації іонів хрому (VI), розраховується за формулою

$$D_m = \frac{3,23 \cdot C_{Cr^{6+}}}{K \cdot 0,289} = \frac{11,2 \cdot C_{Cr^{6+}}}{K} \quad (9)$$

де 3,23 – теоретична кількість заліза, що витрачається на відновлення хрому (VI); $C_{Cr^{6+}}$ – концентрація хрому (VI) у воді, мг/л; K – вихід за струмом заліза (II). Приймається 0,9-0,8; 0,289 – електрохімічний еквівалент заліза, мг/Кл.

Порядок виконання роботи

У склянку об'ємом 100 мл наливають 50 мл промивної стічної води гальванічного цеху з концентрацією іонів хрому (VI) 10...50 мг/л, або розчин $K_2Cr_2O_7$, що містить 50 мг/л шестивалентного хрому, приготовленого на водопровідній воді. Потім у склянці розташовують два плоскопаралельних залізних електроди. Перед проведенням досліду поверхню електродів очищають від окалини. Електроди підключають до електричної схеми згідно рис. 4.

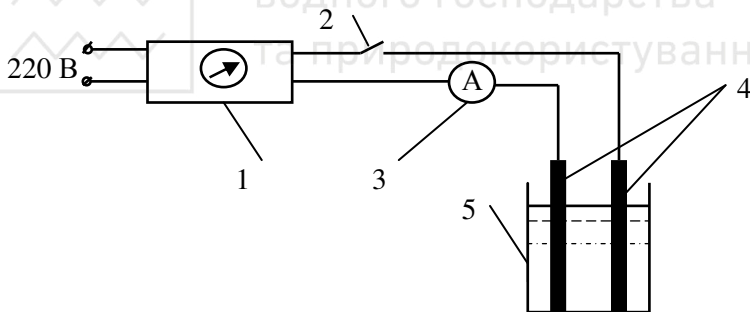


Рис.4. Електрична схема для обробки хромісткої стічної води: 1 – регулюючий випрямляч електричного струму; 2 – вимикач; 3 – амперметр; 4 – електроди; 5 – склянка з стічною водою

Перед проведенням експерименту визначають величину струму, необхідну для електрохімічної обробки (I , А) за формулою

$$I = i \cdot S = i \cdot a \cdot h \quad (10)$$

де i – густина струму на електродах, A/m^2 (приймається у межах 30...100 A/m^2 . У роботі приймається $i = 50 A/m^2$);



S - площа внутрішньої сторони одного електроду, м²;

a - ширина електроду, м;

h - висота електроду, що змочується водою, м.

Після включення електричного ланцюгу за допомогою випрямляча встановлюють необхідну величину струму і починають періодично пропускати струм через розчин, фіксують час його проходження та визначають якісну наявність іонів хрому (VI). Для цього після кожного виключення випрямляча у скляну пробірку наливають 1 мл фільтрованої обробленої води, додають 0,5 мл 0,1 % розчину дефінілкарбазиду, декілька крапель 2N сірчаної кислоти (для створення кислого середовища). Якщо рідина у пробірці забарвлюється у червоно - фіолетовий колір, то це вказує на наявність у воді іонів хрому (VI). Дослід продовжують, періодично пропускаючи струм і якісно визначаючи хром (VI) до того часу, поки у воді будуть відсутні іони хрому (VI) - реагенти не забарвлюють воду у червоно – фіолетовий колір. Результати експерименту згідно із зразком записують у таблицю 8.

Таблиця 8
Наявність іонів хрому (VI) у стічній воді залежно від тривалості електрохімічної обробки

| t , сек | 0 | 60 | 120 | 180 | 240 | 300 | 360 | 420 | 480 | 540 |
|------------------------------|---|----|-----|-----|-----|------------|-----|-----|-----|-----|
| Наявність хрому(VI) | + | + | + | + | + | - | - | - | - | - |
| Витрата струму (D), Кл/л | | | | | | | | | | |

Примітка : (+) - наявність іонів хрому (VI); (-) - відсутність іонів хрому (VI).

Використовуючи дані таблиці 8 визначають експериментальну (формула 8) витрату струму ($\ddot{A}_{\delta_{icd}}$), Кл/л та теоретичну (формула 9) витрату струму (\ddot{A}_{δ}), Кл/л, необхідну для очищення стічної води від іонів шестивалентного хрому.

Додаткові відомості:

1. Візуально процес відновлення хрому (VI) іонами заліза (II) можна контролювати за кольором гідроксидів заліза, утворених при елек-

Національний університет
технологій та природокористування

трохімічний обробці стічної води. До моменту повного відновлення хрому (VI) у воді будуть знаходитися гідроксиди заліза (III), які забарвлені у рудо – жовтий колір. Після повного відновлення хрому (VI) у хром (III) у воді утворюються гідроксиди заліза (II), які забарвлені у зеленувато – сірий колір. Поява у рідині гідроксидів заліза (II) зеленувато – сірого кольору вказує на закінчення реакції відновлення хрому (VI) і на недоцільність подальшого проведення експерименту.

2. Для точного вивчення кінетики зниження концентрації хрому (VI) у процесі електрообробки води після кожного періоду часу пропускання електричного струму визначають концентрацію хрому (VI) у фільтрованій стічній воді. Потім будують графік зміни концентрації хрому (VI) залежно від витрати струму, за яким визначають точне значення $\dot{A}_{\text{нб}}$.

Зміст звіту

1. Назва лабораторної роботи.
2. Мета роботи.
3. Суть електрохімічного методу очищення води від хрому (VI).
4. Експериментальні та розрахункові дані визначення витрати струму для відновлення хрому (VI).
5. Висновки.

Література

1. Филипчук В. Л. Очищення багатокомпонентних металовміщуючих стічних вод промислових підприємств: – Рівне: УДУВГП, 2004. - 232 с.
2. Волоцков Ф.П. Очистка и использование сточных вод гальванических производств.- М.:Стройиздат, 1983.
3. Яковлев С.В., Краснобородько И.Г., Рогов В.М. Технология электрохимической очистки воды. - Л.: Стройиздат, 1987.

Лабораторна робота № 6 **Визначення вмісту токсичних газів та пари у повітрі** **промислових підприємств**

Мета роботи

Вивчити деякі методи та засоби інструментальних вимірювань вмісту шкідливих газів та парів у повітрі виробничих приміщень.



- універсальний газоаналізатор УГ-2;
- індикаторна трубка;
- фільтрувальний патрон.

Загальні відомості

1. Шкідливі гази і пара та їх концентрація у повітрі

Для забезпечення нормальних та безпечних умов праці на кожному виробничому підприємстві повинен проводитись контроль повітряного середовища на вміст у ньому шкідливих газів та пари. Незважаючи на вжиті заходи захисту, вони можуть проникати в повітряне середовище деяких виробничих приміщень підприємств в зв'язку з порушенням або недосконалістю технологічного процесу.

Потрапляючи у дихальні шляхи або на шкіру, шкідливі речовини негативно впливають на здоров'я людини, якщо в повітрі робочої зони вони перевищують гранично допустиму концентрацію (ГДК).

ГДК – це такі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони, які за щоденної (крім вихідних днів) роботи протягом 8 год або іншого проміжку часу, але не більше 40 год на тиждень, протягом всього робочого стажу не можуть викликати захворювання або відхилення у стані здоров'я в процесі роботи або в подальшому житті нинішнього та наступних поколінь. ГДК прийнято виражати в міліграмах на один кубічний метр повітря ($\text{мг}/\text{м}^3$).

ГДК розробляють науково-дослідні інститути системи здоров'я України виходячи з фізико-хімічних властивостей речовин, результатів експериментальних досліджень та даних гігієнічних спостережень за станом здоров'я та захворюваністю працюючих на виробництві. Вони є санітарними нормами для проектування виробничих приміщень, технологічних процесів, обладнання та вентиляції, а також для попереджувального та поточного нагляду за дією на організм людини. Шкідливі речовини поділяються на чотири класи небезпеки: 1-й – надзвичайно небезпечні (ГДК до $0,1 \text{ мг}/\text{м}^3$); 2-й – високо небезпечні (ГДК – $0,1 \dots 1,0 \text{ мг}/\text{м}^3$); 3-й помірно небезпечні (ГДК $1,1 \dots 10,0 \text{ мг}/\text{м}^3$); 4-й – мало небезпечні (ГДК більше $10,0 \text{ мг}/\text{м}^3$).

Контроль за вмістом шкідливих речовин у повітрі робочої зони повинен встановлюватись: безперервний – для речовин 1-го класу небезпеки; періодичний – для речовин 2, 3, 4-го класів.

При безперервному контролі повинна бути передбачена система автоматичного запису концентрації шкідливої речовини та сигналіза-

ція перевищення рівня ГДК.

Визначену концентрацію шкідливих речовин у повітрі робочої зони приводять до нормальних умов: температури $+20^{\circ}\text{C}$, атмосферного тиску 760 мм рт. ст. (0,1 МПа), відносної вологості 50%.

Робоча зона – простір висотою до 2 м над рівнем підлоги (площадки), на якій розташовані місця постійного або тимчасового перебування працівників.

В Україні ведеться велика робота по боротьбі з професійними захворюваннями, що спричиняються дією отруйних шкідливих газів та пари. Основні напрямки цієї роботи – удосконалення технологічних процесів та обладнання з метою зменшення викидів у повітряний простір шкідливих газів і пари. Разом з цим треба велику увагу приділяти організації системи вентиляції виробничих приміщень.

Якщо організаційними, конструктивними та іншими заходами не можливо забезпечити мінімальну концентрацію шкідливостей, яка не перевищує ГДК у повітрі робочої зони і запобігти шкідливим діям речовин на людину, обов'язковим є застосування засобів індивідуального захисту.

2. Методи визначення концентрацій шкідливих газів та пари і прилади, які для цього використовуються

Контроль за станом повітряного простору та вмістом шкідливих речовин в ньому здійснюється газоаналізаторами, газосигналізаторами, а також хімічними індикаторами.

Існує багато різних методик визначення шкідливих речовин у повітряному середовищі (понад 200).

Різні речовини потребують різних методів аналізу, тому газоаналізатори вибираються для конкретних умов виробництва пов'язаних з певною групою небезпечних речовин.

Вміст шкідливих речовин у повітрі визначається безпосередньо вимірюванням концентрації цих речовин або посередньо за вмістом кисню в досліджуваному середовищі.

Всю цю велику кількість методів контролю складу повітряного середовища можна розділити на три групи: лабораторні, експертні та автоматичні.

Лабораторні методи досить точні. До них належить фотометричні, люмінесцентні, хроматографічні, спектроскопічні та ін.. Використовуючи, наприклад, хроматографи, можна уловлювати шкідливі речовини, вміст яких досить малий. Основний недолік цих методів – до-



силь складне апаратурне оформлення, потреба високої професійної підготовки виконавців, а іноді довго тривалості аналізів. Тому їх застосовують головним чином для уточнення результатів, отриманих іншими методами. Лабораторні методи інколи небезпечні.

Експресні методи прості та оперативні, але за точністю поступаються лабораторним. Найчастіше вони ґрунтуються на зміні забарвлення пористих індикаторних мас, індикаторних паперових смужок та ін.

4. Прилади, що застосовуються для аналізу повітряного середовища

Аналіз потреб проводиться на приладах УГ-1, УГ-2, ГХ-4 та ін., в основу принципу дії яких покладений метод кольорових реакцій. Наприклад, у приладі при визначенні концентрації окису вуглецю жовтий силіконово-молібденовий порошок при взаємодії з окисом вуглецю зафарбовується в синій колір.

Хімічні аналізатори ГХ-1, ГХ-2 і ГХ-4 призначені для визначення у повітрі виробничих територій концентрації вуглецю, сірчаного газу, сірководню та окислів азоту. Вони складаються з міхового аспіратора та індикаторних трубок (ампул), заповнених відповідним реактивом і запаяних з двох сторін. На кожен ампулу нанесена стрілка, що вказує напрям руху повітря, і кільця для відліку вмісту газу у повітрі. Міховий насос, який приводиться в дію однією рукою, служить для просмоктування повітря через індикаторну трубку. За один повний хід (розжимання) міха через трубку на протязі 6...9 с. просмоктується 100 мл повітря. У стиснутий до упору насос встановлюється відкрита ампула (індикаторна трубка) так, щоб стрілка на ній була направлена в бік головки насоса. Відпустивши міх, чекають, коли закінчиться просмоктування повітря до повного розкриття міха. Якщо при цьому зафарбовування реактивного порошку досягло першої поділки шкали або перевищило його, замір газу необхідно припинити і вийти з робочої зони на свіже повітря, так як концентрація будь-якого з досліджуваних газів в даному випадку перевищує ГДК. Якщо після одного ходу міха зафарбування не з'явилося або не досягло першої мітки на шкалі, напроти якої стоїть позначка 100 мл продовжують просмоктування повітря, зробивши ще 9 прокачувань повітря. В цьому випадку концентрація газу визначається по шкалі, напроти якої стоїть позначка 1000 мл. Шкали знаходяться на упакованні ампул. Ампули прикладаються до шкали так, щоб початок зафарбованого стовпчика співпав з

Індикаторні трубки-ампули різних газів заповнюються відповідними реактивами.

За принципом кольорової реакції між індикаторним порошком та досліджуваною речовиною працюють універсальні газоаналізатори УГ-1 та УГ-2, які застосовуються для визначення багатьох речовин – бензолу, ксилолу, сірководню, хлору, аміаку, окису вуглецю та ін. Для різних речовин підібрані різні реагенти, тверді сорбенти, засипані у скляні трубки, через які пропускають загазоване повітря. Залежно від концентрації речовини в загазованому повітрі за певний час стовпчик індикаторного порошку забарвлюється на більшу або меншу довжину пропорційно концентрації речовини, що аналізується. Довжина забарвленого стовпчика вимірюється за шкалою, проградуєваною в міліграмах на кубічний метр або в міліграмах на літр.

Автоматичні методи аналізу повітря виробничих приміщень застосовуються найширше, оскільки дозволяють досить швидко та точно отримати результати аналізу. Вони здійснюються переносними та стаціонарними газоаналізаторами.

Автоматичні газоаналізатори за принципом дії поділяються на механічні, електричні, теплові, спектрометричні, магнітні та оптичні.

Прилади, які забезпечують подачу сигналу у разі перевищення заданого рівня загазованості повітря, зумовленого санітарними нормами називаються газоаналізаторами.

Широке застосування в промисловості для проведення експрес-аналізу газів та пари у повітрі промислових підприємств газоаналізатор УГ-2.

Оптимальні умови для роботи приладу: вміст кисню, водню, азоту, інертних газів будь-яке, пилу не більше 40 мг/м^3 , тиск $740 \dots 780 \text{ мм рт. ст}$; відносна вологість не більше 90% ; температура повітря $-30 \dots +30^\circ\text{C}$; похибка показання приладу не більше 10% , тривалість аналізу $2 \dots 10 \text{ хв}$.

Принцип дії приладу ґрунтується на зміні довжини забарвленого стовпчика, отриманого під час реакції індикаторного порошку із забрудненим повітрям, просмоктаним через скляну індикаторну трубку. Для уловлення домішок, які перешкоджають визначенню концентрації речовини, що аналізується, є спеціальний фільтрувальний патрон.

Газоаналізатор УГ-2 (рис. 5) складається з корпусу 1, в якому міститься гумовий сильфон 2, закріплений на двох фланцях з внутрішніми кільцями жорсткості 4 для постійності об'єму.

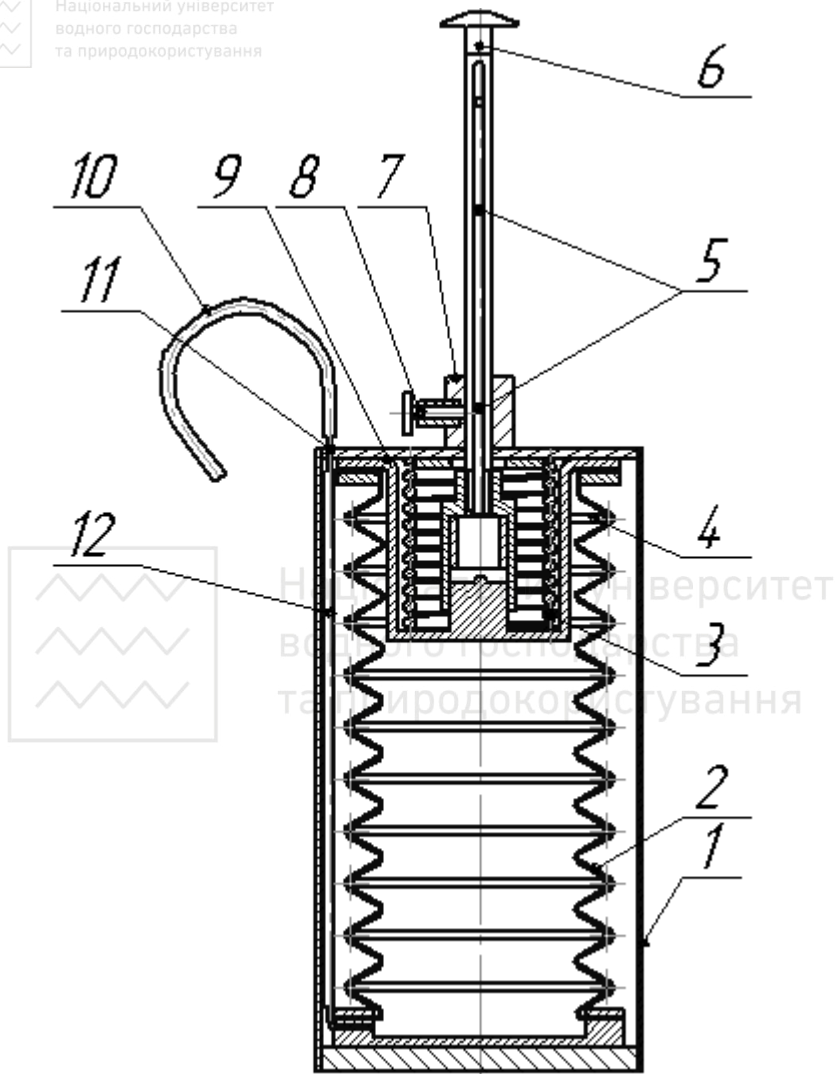


Рис. 5. Універсальний газоаналізатор УГ-2:

1 - корпус; 2 - сільфон; 3 - пружина; 4 – кільця жорсткості; 5- канавка з дома заглибленнями; 6 – шток; 7 – втулка; 8- фіксатор; 9 – плата; 10 – шланг гумовий; 11 – штуцер; 12 – гумова трубка.

В середині сільфона в стакані міститься пружина 3. На верхній панелі корпусу закріплена нерухома втулка 7 для спрямування штока

6, який служить для стискання сильфона, та отвір для зберігання штока в неробочому стані.

На штуцер 11 з внутрішнього боку встановлена гумова трубка 12, яка з'єднує зовнішню атмосферу з внутрішньою порожниною сильфона. На зовнішній кінець штуцера встановлена відвідна гумова трубка 10, до якої приєднується скляна індикаторна трубка 6, потім фільтрувальний патрон, який затримує домішки, що заважають визначенню концентрації речовини, що аналізується.

Під головкою штока на гранях вказано об'єм просмоктуваного при аналізі повітря. На циліндричній частині штока є повздовжні канавки 5, кожна з двома стопорними заглибленнями для фіксації об'єму просмоктуваного повітря.

Підставка з затискачами служить для встановлення шкали та індикаторної трубки. Індикаторні трубки для кількісного визначення газу в повітрі мають довжину 90...91 мм та внутрішній діаметр 2,5...2,5 мм і заповнені індикаторним порошком. Порошок утримується за допомогою двох пижів з мідного емальованого дроту діаметром 0,27...0,28 мм.

Між пижами і порошком укладається 0,5-міліметровий прошарок вати. Кінці трубок можуть герметизуватися ковпачками із сургучу.

Фільтрований патрон для уловлювання домішок, які заважають визначенню концентрації газу (пари), складається з скляної трубки діаметром 10 мм (з перетяжками, звуженими з обох кінців), заповненої поглинальним порошком, що утримується тампоном з гігроскопічної вати.

Порядок виконання роботи

Для досліджуваного газу або пари готується відповідна індикаторна трубка та фільтрувальний патрон. Вони вставляються у прилад, який переноситься до місця вимірювання. На місці відкривають кришку приладу, відводять стопор 13 та у втулку 12 вставляють шток, щоб кінець стопора сховався по канавці штока з передбаченим об'ємом повітря, що аналізується. Натискаючи рукою на головку штока стискають сильфон до тих пір, поки кінець стопора не зайде у верхнє заглиблення канавки штока. Скребок очищають індикаторну трубку від сургучних ковпачків, тримаючи сургучем донизу, щоб не засмітити трубку. Перевіряють ущільнення індикаторного порошку в трубці, після цього приєднують її до гумової трубки приладу. Знімають заглушки з фільтрувального патрона та приєднують його вузьким кінцем за допомогою гумової трубки до індикаторної трубки. В умо-

вах виробництва проби повітря беруть на робочих місцях на висоті 1,5...2 м від підлоги (у зоні дихання).

Натискаючи однією рукою на головку штока, іншою відводять стопор. Як тільки шток почав рухатись, стопор відпускають і повітря просмоктується через трубку. Коли кінець стопора надійде у нижнє стопорне заглиблення канавки штока, почується ляск. Рух штока припиняється, але просмоктування повітря продовжується внаслідок залишкового вакууму в сильфоні. Витримавши час потрібний для досліду (час просмоктування за табл. 9), за довжиною стовпчика порошку, що прореагував, знаходять концентрацію досліджуваної речовини.

Таблиця 9

Гази і пара, концентрацію яких можна визначити
газоаналізатором УГ-2

| Речовина | Просмоктований об'єм повітря, мл | Границя вимірювання, мг/м ³ | Час просмоктування, хв. | Клас точності | Гранично допустима концентрація, мг/м ³ |
|--------------------|----------------------------------|--|-------------------------|---------------|--|
| Ангідрид сірчанний | 300 | 0...30 | 5 | 3 | 10 |
| | 60 | 0...200 | 3 | | |
| Аміак | 250 | 0...30 | 4 | 4 | 20 |
| | 30 | 0...200 | 2 | | |
| Бензол | 350 | 0...200 | 7 | 2 | 5 |
| | 100 | 0...1000 | 4 | | |
| Бензин паливний | 300 | 0...1000 | 7 | 4 | 100 |
| | 60 | 0...5000 | 4 | | |
| Сірководень | 300 | 0...30 | 5 | 2 | 10 |
| | 30 | 0...300 | 2 | | |
| Ацетон | 300 | 0...2000 | 7 | 4 | 200 |
| Окисли азоту | 385 | 0...50 | 7 | 2 | 5 |
| | 150 | 0...200 | 5 | | |
| Хлор | 350 | 0...15 | 7 | 2 | 1 |
| | 100 | 0...80 | 4 | | |
| Толуол | 300 | 0...500 | 7 | 3 | 50 |
| | 100 | 0...2000 | 4 | | |
| Ксилол | 300 | 0...500 | 4 | 3 | 50 |
| | 120 | 0...2000 | 3 | | |
| Етиловий спирт | 300 | 0...4000 | 6 | 4 | 1000 |
| Діоксид вуглецю | 400 | 0...15000 | 7 | - | |
| | 500 | 0...80000 | 4 | | |



Для цього кладуть індикаторну трубку в затискач та визначають за шкалою концентрацію.

Для розширення границі вимірювання у разі визначення концентрації деяких газів або пари передбачена можливість просмокування через індикаторну трубку двох різних об'ємів повітря.

Якщо концентрація деякого газу або пари нижча за чутливість приладу, то потрібно провести багаторазове (до 5 раз) просмокування максимального об'єму повітря. Фактична концентрація буде рівна отриманій, поділеній на кількість разів просмокування.

Отримані результати порівнюють з ГДК конкретної речовини та роблять висновок про стан повітряного середовища за газованим фактором. Отримані дані записують у таблицю 10.

Таблиця 10

| № з/п | Досліджуваний газ | Час просмокування, хв | Об'єм проби повітря, мл | Граничнодопустима концентрація, мг/м ³ | Фактична концентрація, мг/м ³ |
|-------|-------------------|-----------------------|-------------------------|---|--|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |

Зміст звіту

1. Назва лабораторної роботи.
2. Мета роботи.
3. Характеристика шкідливих газів та пари, їх небезпечність для людини; поняття ГДК; класи шкідливості; методи визначення концентрацій газів та пари; схема газоаналізатора УГ-2 та його призначення.
4. Результати експерименту у формі таблиці 10.
5. Висновки про відповідність загазованості умовам праці.

Література

1. Сегеда Д.Г., Дашевский В.И. Охрана труда в пищевой промышленности. –М.: Лег. Пищ. Пром-сть, 1983. – 344 с.
2. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы: Классификация. М.: Изд-во стандартов, 1979.
3. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. –М.: Энергия, 1983. -799 с.
4. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. –М.: Изд-во стандартов, 1988, 75 с.



5. ГОСТ 21.1.007 – 76 ССБТ. Вредные вещества, классификация и общие требования безопасности. –М.: Изд-во стандартов, 1984.

Лабораторна робота № 7

Дослідження запиленості повітряного середовища у виробничих приміщеннях

Мета роботи

Ознайомлення з методами визначення концентрації пилу в повітряному середовищі виробничих приміщень

Матеріальне забезпечення

Для відбору проб при визначенні запиленості повітря ваговим методом використовується лабораторна установка, яка складається з таких основних частин:

- Електроаспіратор, що є збудником руху повітря при відборі проб і визначення кількості повітря, пропущеного через фільтр;
- Алонж (фільтротримач) з фільтром для затримки частинок пилу;
- Камера запилення, що імітує виробничі умови;
- Терези аналітичні;
- Електроаспіратор складається з повітродувки, що створює понижений тиск, електродвигуна і чотирьох ротаметрів;
- Аналітичний фільтр АФА-В-10 виготовлений з перхлорвінілового фільтруючого матеріалу у вигляді складеного в пакетик комплекту з фільтра з опресованими краями і захисних кілець з виступами.

Загальні відомості

Пил – це дрібні частки твердої речовини, які здатні тривалий час знаходитися в повітрі у завислому стані.

Виробничий пил утворюється при проведенні земляних, вибухових, вантажно-розвантажувальних, оздоблювальних, зварювальних і інших видів робіт.

За своїм походженням виробничий пил поділяється на:

1. Органічний
 - а) рослинний (цукровий, борошняний, кам'яновугільний, льняний, деревний, паперовий та ін.),
 - б) тваринний (вовняний, кістяний, волосяний та ін.).



2. Неорганічний:

- а) металевий (залізний, цинковий, свинцевий, марганцевий та ін.),
- б) мінеральний (кварцовий, піщаний, азбестовий та ін.).

3. Змішаний.

За способом утворення пил поділяється на:

1. Аерозоль дезінтеграції (утворюється під час механічного впливу на тверді речовини-подрібнення, різання, шліфування та ін.).
2. Аерозоль конденсації (утворюється з парів речовин при їхньому охолодженні – електрозварювальний аерозоль та ін.).

За дисперсністю пил поділяється на:

- *0 Крупний (розмір частинок більше 10 мкм).
- *1 Середньої крупності (від 5 мкм до 10 мкм).
- *2 Дрібної крупності (від 1 мкм до 5 мкм).
- *3 Мікроскопічний (до 1 мкм).

Крім того, дається оцінка пилу по його токсичності та вибухонебезпеці.

Для гігієнічної характеристики виробничого пилу необхідно мати дані про його вагову кількість в одиниці об'єму повітря (в 1 м^3), дисперсність, питому вагу, розчинність, форму та ступінь твердості частинок пилу.

Ступінь дисперсності визначає поведінку пилу в дихальних шляхах, можливість проникання в легені чи затримку його на різних ділянках дихальних шляхів. Частинки пилу розміром 10-15 мкм затримуються у верхніх дихальних шляхах, а менші від 10 мкм потрапляють в альвеол легень. Від ступеня дисперсності залежить фізико-хімічна активність пилу, вміння адсорбувати гази та іони повітря, здатність до дифузії. Дані про питому вагу дають можливість прогнозувати поведінку пилу в повітрі, правильно зробити розрахунки і вибрати методи вентиляції.

Виробничий пил належить до високодисперсних систем. Звичайно частинки пилу розміром до 200 мкм трапляються одиницями, до 10 мкм – 5-10%, менше 2 мкм – 40-90%. Отже, дуже багато частинок пилу може вільно проникати в альвеоли легень.

Відповідно до законодавства гранично допустимі концентрації не-токсичного пилу у повітрі робочої зони виробничих приміщень не повинні перевищувати:

1. 2 мг/м^3 для видів пилу, що містять оксид кремнію кристалічний в кількості від 10% до 70% (пил кварцу, кварциту та ін.);
2. 1 мг/м^3 , що містять більше 70% оксиду кремнію;

3. 4 мг/м³ для решти видів пилу, що вміщує кварц.

На промислових підприємствах необхідно періодично один-два рази в рік проводити аналіз запиленості повітря в цехах з метою оцінки стану повітряного середовища.

При дослідженні запиленості повітря необхідно встановити дані про кількість та якість пилу, що міститься в повітрі. Для визначення кількісної характеристики застосовують ваговий і рахунковий методи дослідження запиленості повітря. Якісна характеристика пилу – це його хімічний склад, твердість, вологість, розчинність та ін.

Ваговий метод дослідження запиленості повітря полягає в тому, що певний об'єм запиленого повітря пропускається через спеціальний фільтр, що затримує пил.

Вагу затриманого пилу визначають по різниці ваги фільтра до і після пропускання через нього запиленого повітря.

Розрахунок концентрації пилу проводиться по формулі

$$C = \frac{M_1 - M_0}{V_1} \quad (1)$$

де M_1 – вага фільтра після відбору проби повітря, мг;

M_0 – вага фільтра до відбору проби повітря, мг;

V_0 – об'єм повітря, пропущеного через фільтр, приведений до нормальних умов, тобто до такого об'єму, який він займав би при температурі 0°C і атмосферному тиску 760 мм рт. ст. (розрахунковий об'єм)

$$V_0 = \frac{V_\tau 273B}{(273 + t_n) 760} \quad (2)$$

де B – атмосферний тиск під час проведення дослідів, мм рт. ст.;

t_n – температура повітря під час проведення дослідів, °C;

V_τ - об'єм повітря, пропущеного через фільтр, м³

$$V_\tau = g \cdot \tau \cdot 10^{-3} \quad (3)$$

де τ - час проведення дослідів, хв.;

g – продуктивність аспірації, л/хв

$$g = g_1 + g_2 + g_3 + g_4 \quad (4)$$

де g_1, g_2, g_3, g_4 – продуктивність ротаметрів, л/хв.

У виробничих умовах пробу повітря беруть, як правило, в зоні дихання працівника (на висоті 1,5...2 м від підлоги). В кожній точці беруть декілька проб. Тривалість відбору проб змінюється в залежності від концентрації пилу в повітрі.



Суть рахункового методу полягає у встановленні за допомогою струменевого лічильника кількості та розміру пилинок, що містяться в певному об'ємі досліджуваного повітря.

Дія струменевого лічильника основана на ударі струменя повітря, що продувається насосом, у поверхню екрану, розташованого на шляху руху повітря. Досліджуване повітря нагнітається у зволожувальну трубку, де воно зволожується до насичення, а потім з великою швидкістю проникає через вузьку щілину в камеру осадження. В результаті цього повітря різко розширяється, температура його знижується і волога з насиченого повітря конденсується і осідає на скляній пластині (екрані). Після того, як волога випаровується, на скляній пластині залишається суха доріжка пилу. Цю пластинку поміщають під мікроскоп і визначають кількість пилинок та їх розмір.

Порядок виконання роботи

Перед відбором проб повітря на запыленість чисті фільтри у кількості двох штук зважують на аналітичних терезах з точністю до 0,1...0,2 мг. Для зважування фільтр за допомогою пінцета необхідно перенести на середину шальки терезів. Після зважування фільтр вкладають в пакетик з захисними кільцями і встановлюють в алонж, з'єднаний гумовим шлангом з аспіратором.

Включають аспіратор і річками вентилів, розташованих над ротаметрами, регулюють необхідну швидкість відбору проб повітря. Підрахунок швидкості проходження повітря по шкалах проводять по верхньому краю поплавків ротаметрів. Вимикають аспіратор.

Після регулювання аспіратора алонж встановлюють в отвір пилової камери і вмикають тумблер вентилятора. Через 15 секунд вимикають вентилятор.

Включають аспіратор і одночасно фіксують час початку відбору проби повітря. Через 10 хвилин вимикають аспіратор.

Після завершення відбору проби повітря алонж виймають з отвору пилової камери, роз'єднують його, дістають фільтр і кладуть його на шальку терез аналітичних для зважування після досліду. З ваги фільтра після відбору проби відняти його вагу до початку відбору і таким чином визначити кількість пилу, що знаходиться на фільтрі.

По формулі (1) вирахувати концентрацію пилу в повітрі лабораторної установки. Результати вимірювань та розрахунків заносять в таблицю 11.



Результати експерименту з визначення запиленості
повітряного середовища

| № з/п фільтра | Вага фільтра до дослідження M_0 , мг | Вага фільтра після дослідження M_1 , мг | Час проведення дослідження, хв | Продуктивність ротаметрів, л/хв | | | | Продуктивність аспірагора g , л/хв | Об'єм повітря, пропущеного через фільтр, m^3 | Атмосферний тиск під час проведення дослідження B , мм рт. ст. | Температура повітря під час проведення дослідження t , °C | Розрахунковий об'єм повітря, V_0 , m^3 | Концентрація пилу в повітрі, C , мг/ m^3 |
|---------------|--|---|--------------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|--------------------------------------|--|--|---|--|--|
| | | | | g_1 | g_2 | g_3 | g_4 | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | |

Оцінку результатів дослідження запиленості повітряного середовища по ваговому методу проводять шляхом співставлення їх з вимогами санітарних норм про граничнодопустимий вміст нетоксичного і токсичного пилу у повітрі.

Зміст звіту

1. Назва лабораторної роботи.
2. Мета роботи.
3. Характеристика запиленості повітряного середовища.
4. Результати експерименту у формі таблиці 10.
5. Висновки про запиленість повітряного середовища.

Література

1. Трахтенберг І.М., Коршун М.М., Чебанова О.В. Гігієна праці та виробнича санітарія. Київ. 1997 р.
3. Гігієнічна класифікація праці (за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу). Затверджено наказом Міністерства охорони здоров'я України від 27.12.2001 р. №528.
3. ДСН 3.3.6.042099 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.