

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

03-10-103М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних занять
з навчальної дисципліни «**Промислова екологія**»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою «Охорона праці»
спеціальності 263 «Цивільна безпека»
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано науково-
методичною радою з якості ННІ
будівництва та архітектури
Протокол № 2 від 10.10.2023 р.

Рівне – 2023

Методичні вказівки до виконання лабораторних занять з навчальної дисципліни «Промислова екологія» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Охорона праці» спеціальності 263 «Цивільна безпека» денної та заочної форм навчання. [Електронне видання] / Филипчук В. Л. – Рівне : НУВГП, 2023. – 27 с.

Укладач: Филипчук В. Л., док. техн. наук, професор кафедри охорони праці і безпеки життєдіяльності.

Відповідальний за випуск – Кухнюк О. М., к.т.н., доцент, завідувач кафедри охорони праці і безпеки життєдіяльності.

Керівник групи забезпечення
спеціальності 263 «Цивільна безпека»

Шаталов О. С.

© В. Л. Филипчук, 2023
©НУВГП, 2023

Зміст

	Стор.
Вступ.....	4
Правила виконання лабораторних занять.....	4
Безпека праці під час виконання лабораторних занять.....	4
Лабораторне заняття № 1 «Вивчення кислотно – основних та окисно – відновних властивостей води».....	6
Лабораторне заняття № 2 «Дослідження процесів коагуляції та осадження зависі».....	12
Лабораторне заняття № 3 «Визначення витрати струму для електрохімічного очищення води від іонів шестивалентного хрому».....	17
Лабораторне заняття № 4 «Визначення рівня шуму при одночасно працюючих джерелах шуму у виробничому приміщенні».....	22

Вступ

Мета лабораторних занять з дисципліни «Промислова екологія» полягає в ознайомленні здобувачів з основними правилами роботи при проведенні лабораторних досліджень та навчити їх вмінням проводити дослідження з визначення показників, що характеризують якісні та кількісні параметри води та повітря.

Правила виконання лабораторних занять

Перед лабораторним заняттям студент повинен вивчити рекомендований теоретичний матеріал та описати порядок проведення лабораторного заняття у вигляді звіту. У звіті необхідно також відмітити умови проведення дослідів, а також записати рівняння хімічних реакцій, розрахункові формули та заповнені таблиці.

Дані методичні вказівки містять опис кожного лабораторного заняття, вказівки до виконання математичного обчислення результатів експерименту, зміст звіту. Опису кожного лабораторного заняття передують короткі теоретичні відомості. Наприкінці опису наведено перелік рекомендованої літератури.

Після виконання заняття студент записує результати експериментів в зошит з лабораторних занять, який перевіряє й підписує викладач. В період часу, виділеного для проведення лабораторного заняття, студент зобов'язаний виконати заняття, оформити письмовий звіт і захистити його.

Безпека праці під час виконання лабораторних занять

1. При роботі з кислотами, особливо сірчаною, необхідно вливати кислоту 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 розведеним 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 заняття студент повинен прибрати своє робоче місце,
і повідомити викладача.

Лабораторне заняття № 1

Вивчення кислотно – основних та окисно – відновних властивостей води

Результат навчання

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

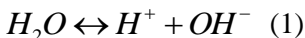
Матеріальне забезпечення

- 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;(5)

$pH > 7$ – середовище лужне.

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.

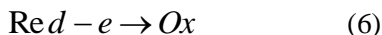
Електрометричний метод заснований на вимірюванні потенціалу гальванічної пари, що виникає між вимірювальним скляним електродом та допоміжним стандартним електродом, що містяться у водному розчині. Вимірювальний скляний електрод (типу ЕСЛ 43-07) виготовлений з спеціального літєвого скла; допоміжний електрод 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

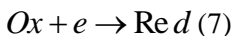
Взаємодія між частинками (іонами або молекулами) у водному розчині, що пов'язана з перерозподілом між ними електронів, називається процесами окислення- відновлення або окисно-відновними реакціями.

Якщо частинка віддає електрон, то процес називається окисленням:



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 окислення (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 форм 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):**

$$\frac{\text{Ox}_1}{\text{Red}_1} = \frac{\text{Ox}_2}{\text{Red}_2} = \dots = \frac{\text{Ox}_i}{\text{Red}_i} = \frac{[H^+]}{[H_2]} \quad (8)$$

Величину Eh можна виміряти на приладі (іонетрі) аналогічно вимірюванню pH або розрахувати виходячи із співвідношення концентрацій окисленої $[\text{Ox}_i]$ та відновленої $[\text{Red}_i]$ 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), отримаємо Eh_n нейтральної води відносно окисно – відновних взаємодій $Eh_f = +0,817 - 0,059pH$ (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 знезаражуючу 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 $Eh = (+0,4-0,6)V$ (слабокисле середовище). Грунтові води через взаємодію з сульфідами, силікатами, сульфатами мають низькі значення Eh від $+0,1V$ до $-(0,2...0,4)V$ (відновне середовище).

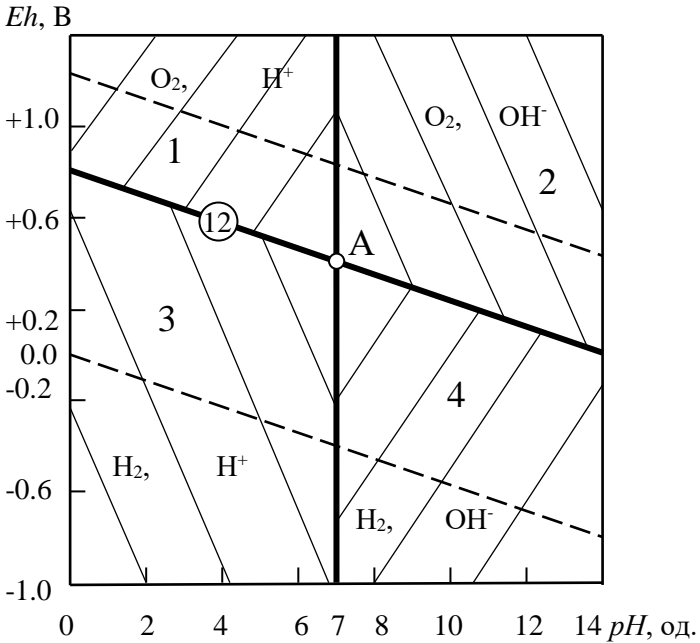


Рис.1. Діаграма, що характеризує значення pH і Eh у водному середовищі: 1 – кисле і окисне середовище; 2 – лужне і окисне середовище; 3 – кисле і відновне середовище; 4 – лужне і відновне середовище.

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 заняття

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.

Мінівідеофільм про визначення pH та Eh в лабораторних умовах наведено на сторінці дисципліни у навчальній платформі НУВГП за адресою: <https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=2454>.

Зміст звіту

1. Назва лабораторного заняття.
2. Мета заняття.
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. Примаченко С. В., Новоселов Є. Ф. Екологічна хімія. Київ : НАУ, 2017. 111 с. URL: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/37751>
2. Филипчук В. Л., Древецький В. В., Филипчук Л. В.

Автоматизоване керування природоохоронними системами очищення металовмісних стічних вод. Рівне : Овід. 2017. 228 с. URL: <https://urlc.net/wrGe>.

Лабораторне заняття № 2 **Дослідження процесів коагуляції та осадження зависі**

Результат навчання

Ознайомитися із процесом прояснення й знебарвлення води при її коагулюванні глиноземом (сірчаноокислим алюмінієм $Al_2(SO_4)_3$) та вміти досліджувати процес осадження зависі й визначати оптимальну дозу коагулянту.

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 сірчаноокислого алюмінію. 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 50-60⁰С, 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.

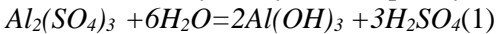
Концентрація зависі (каламутність) у природній та стічній воді може досягати 500-1200 мг/л, кольоровість – 150градусів і вище. Каламутність лімітується у питній воді, а також у стічних водах підприємств та населених пунктів, що скидаються у навколишнє природне середовище. Зокрема, згідно ГОСТ 2874-82 «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

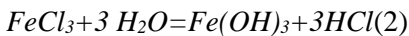
укрупнення колоїдних частинок і прискорює їх осадження. У якості споруд для осадження (седиментації) застосовують горизонтальні, вертикальні, радіальні та тонкошарові відстійники.

В технології очистки води найчастіше використовують **гідролізуючі коагулянти**. Найбільше розповсюдження отримали сірчаноокислий алюміній $Al_2(SO_4)_3$ (глинозем), і хлорне залізо $FeCl_3$, а також основний хлорид (або сульфат) алюмінію (алюмінієвий коагулянт «Полвак»). 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):



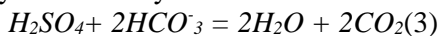
або



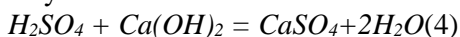
В результаті гідролізу утворюються коагулюючі іони металу, які нейтралізують заряд колоїдних частинок, а також малорозчинні гідроксиди металів $Al(OH)_3$ і $Fe(OH)_3$ у вигляді позитивно-заряджених частинок, які мають високорозвинену поверхню. Внаслідок нейтралізації колоїдні частинки забруднень злипаються між собою. Крім того вони прилипають до пластівців 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 записується 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 луку, 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 м'яких пластівців зависі та гальмування процесу коагуляції, що знижує якість очищення води. **Оптимальною називається найменша доза коагулянту в мг/л, яка забезпечує утворення великих, швидко осідаючих пластівців зависі.** Попередньо дозу коагулянту можна прийняти згідно нормативних документів (ДБН В.2.5 - 74:2013) 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 луку визначають розрахунковим шляхом.

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

Мінівідеофільм про дослідження процесу коагулювання води наведено на сторінці дисципліни у навчальній платформі НУВГП за адресою: <https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=2454>.

Порядок виконання заняття

Визначення оптимальної дози коагулянту

У вісім мірних скляних циліндрів наливають по 0,5 л дослідної води, що вміщує завислі колоїдні домішки. В кожному 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 десятима круговими рухами скляної палички. Операції додавання розчину коагулянту і змішування води проводять в кожному циліндрі по чергово. 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 пластівці, 0 – початок прояснення води і осадження пластівців.

Дослідження процесу осадження зависі

Прослідкувати, в яких двох циліндрах найшвидкіше починають утворюватись крупні пластівці і прояснюватись вода. Після початку прояснення води через проміжки часу на протязі години вимірювати 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_o							x	
	h_o					x			

Із отриманих даних вибирають циліндр, у якому найшвидкіше 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 ступеня, 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 укрупнення та осадження утворених флокул зависі

Зміст звіту

1. Назва лабораторного заняття.
2. Мета заняття.
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. ДБН В.2.5 - 74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди.
URL: <http://surf.li/mkjhd>.

2. Чигвінцева О.П. Практикум з хімії: навч. посібник. – Дніпро: “ФОП Середняк Т.К.”, 2017. – 235 с. <https://urlc.net/wrFN>.

Лабораторне заняття № 3

Визначення витрати струму для електрохімічної очищення води від іонів шестивалентного хрому

Результат навчання

Вміти визначати параметри електричного струму, які необхідні для знешкодження іонів шестивалентного хрому у стічній воді електрохімічним методом з використанням залізних електродів.

Матеріальне забезпечення

- елементи електричної схеми згідно рис.4: регулюючий випрамляч, 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 дефінілкарбазиду;
- дистильована вода;
- скляні пробірки;
- піпетки.

Загальні відомості

Іони шестивалентного хрому ($Cr_2O_7^{2-}$, $HCrO_4^-$), що можуть знаходитись у стічних водах підприємств від виробництв гальваніки, друкованих плат, після очищення промислового повітря від конденсату тощо, є надзвичайно токсичними. Ці іони мають сильну окисну, канцерогенну 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

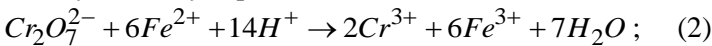
поширення електрохімічний метод відновлення хрому (VI) в хром (III) з використанням процесу розчинення залізних електродів („електрокоагуляція”). Цей процес дозволяє повністю автоматизувати процес очищення та відмовитись від використання реагентів-відновників.

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 двовалентного заліза, які є відновниками:

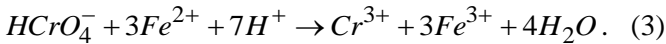


Іони двовалентного заліза відновлюють іони хрому (VI) в хром (III) і переходять у тривалентне залізо:

- у кислому середовищі



- у нейтральному середовищі

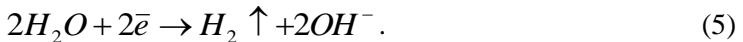


На катоді внаслідок електродної реакції виділяється газоподібний водень:

- 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 завись 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, віднесену до об'єму рідини, називається **витратою струму** (D , Кл/л), яку визначають за формулою

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

де W - об'єм стічної води, л (у приймається $W = 0,05$ 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.

Мінівідеофільм про дослідження процесу електрохімічного очищення води від хрому (VI) наведено на сторінці дисципліні у навчальній платформі НУВГП за адресою: <https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=2454>.

Порядок виконання заняття

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.

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, А/м² (приймається у межах 30...100 А/м². Для розрахунку приймається $i = 50$ А/м²);

S - площа внутрішньої сторони одного електроду, м²;

a - ширина електроду, м;

h - висота електроду, що змочується водою, м.

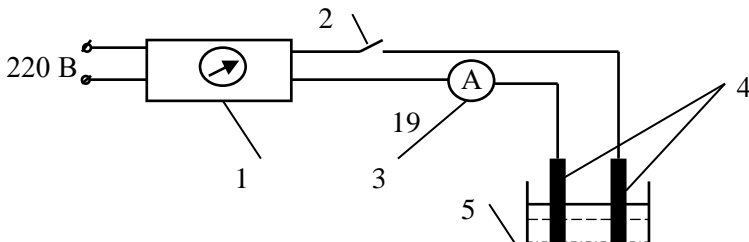


Рис.4. Електрична схема для обробки хромвмісної стічної води:

1 – регулюючий випрямляч електричного струму; 2 – вимикач; 3 – амперметр; 4 – електроди; 5 – склянка з стічною водою

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 включення 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) - реанти 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 (Д), Кл/л										

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

Використовуючи дані таблиці 8 визначають експериментальну (формула 8) витрату струму ($\dot{A}_{\text{вiд}\delta}$), Кл/л) та теоретичну (формула 9) витрату струму (\dot{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 електрохімічній 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 $\dot{A}_{\text{вiд}\delta}$.

Зміст звіту

1. Назва лабораторного заняття.
2. Мета заняття.
3. Суть електрохімічного методу очищення води від хрому (VI).
4. Експериментальні та розрахункові дані щодо визначення параметрів електричного струму для відновлення хрому (VI) у воді.
5. Висновки.

Література

1. Филипчук В. Л., Древецький В. В., Филипчук Л. В. Автоматизоване керування природоохоронними системами очищення металомісних стічних вод. Рівне : Овід, 2017. 228 с. URL: <https://urlc.net/wrGe>.

2. Филипчук В. Л. Очищення багатокomпонентних

металовміщуючих стічних вод промислових підприємств. Рівне : УДУВГП, 2004. 232 с.

Лабораторне заняття № 4 **Визначення рівня шуму при одночасно працюючих джерелах шуму у виробничому приміщенні**

Результат навчання

Вміти визначати рівень шуму від його джерела та розраховувати сумарний рівень шуму при одночасно працюючих джерелах шуму у виробничому приміщенні та послаблення шуму відстанню.

Матеріальне забезпечення

Для вимірювання шуму використовується вимірювальна апаратура, яка складається з таких основних частин:

- мікрофон (капсюль);
- шумомір, об'єднаний з аналізатором спектру з октавними фільтрами в один прилад - шумомір-аналізатор, типу ВШВ (рис.1);



Рис. 1. Шумомір ВШВ-003

- підсилювач;
- для відтворення шуму використовується сирена та генератор шуму ГЗ-33.

Загальні відомості

Виробничий шум - це сукупність небажаних звуків, різних по силі і частоті коливань, що виникають при роботі машин, приладів та обладнання на виробництві, що викликають неприємні відчуття.

Виробничий шум характеризується наступними акустичними

величинами:

- звуковим тиском P (Па);
- інтенсивністю I (Вт / м²);
- потужністю W (Вт);
- частотою коливань f (Гц);
- спектром шуму;
- швидкістю поширення c (м / с);
- довжиною звукової хвилі λ (м);

Основним показником є рівень шуму від його джерела (L , дБ).

Сумарний рівень шуму кількох джерел визначається на основі енергетичного сумарного випромінювання окремих джерел.

Для однакових за рівнем шуму джерел:

$$L_{\Sigma} = L_1 + 10 \lg n, \quad (1)$$

де L_1 - рівень шуму одного джерела, дБ;

n - кількість джерел.

Сумарний середній рівень шуму від декількох джерел шуму орієнтовно можна визначити за формулою:

$$L_{\text{сер}} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \times L_i} \quad (2)$$

де L_i - рівень шуму i -го джерела, дБ; i - номер джерела; n - загальна кількість джерел в приміщенні.

Приклад 1. У приміщенні встановлено 3 насоси, кожен з яких створює n_i -ий рівень шуму. Визначити загальний середній рівень шуму, якщо n_i рівні шуму від кожного насосу дорівнюють: 88, 90 і 92 дБА

$$L_{\text{сум}} = 10 \cdot \lg(10^{0,1 \cdot 88} + 10^{0,1 \cdot 90} + 10^{0,1 \cdot 92}) = 96 \text{ дБ}$$

У разі необхідності при наявності двох і більше джерел шуму з різними рівнями сумарний рівень шуму ($L_{\text{сум}}$) уточнюється. Для цього розміщуємо отримані рівні шуму від різних джерел по мірі їх зниження. Далі з урахуванням поправок на шум із різних джерел визначення сумарного рівня шуму здійснюється за формулою:

$$L_{\text{сум}} = L_{\text{макс}} + \Delta L_1 + \Delta L_2 + \dots + \Delta L_n \quad (3)$$

де $L_{\text{сум}}$ - сумарний рівень шуму;

$L_{\text{макс}}$ - максимальний рівень шуму одного джерела;

$\Delta L_{1,2} \dots n$ - величина додатку до максимального рівня, що наведений в таблиці 1, на підставі різниці між розрахунковим (скорегованим) рівнем шуму і шуму від даного джерела L_n за формулами

$$L_{\text{max}} - L_n \text{ або } L_1 - L_n. \quad (4)$$

де L_{max} – максимальний рівень шуму від джерела,

L_n – рівень шуму від іншого (наступного) джерела.

$\Delta L_1, \Delta L_2, \dots, \Delta L_i$ – додатки до максимального поточного рівня шуму, які визначаються по різниці рівнів L_1-L_2 з таблиці 1.

Таблиця 1

Додатки до максимального сумарного рівня шуму (ΔL)

L_1-L_2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ΔL	3,0	2,5	2,0	1,8	1,5	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4

Порядок виконання заняття

1. Виміряти рівень шуму на шумомірі (рис.2) у такій послідовності:

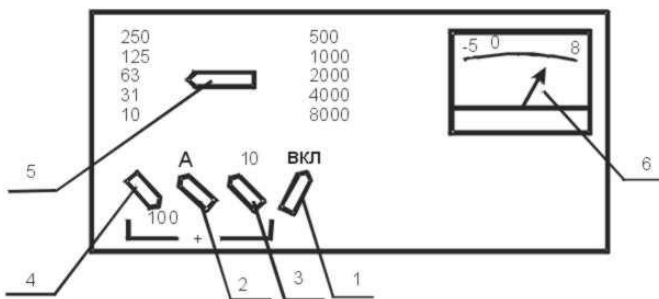


Рис. 2. Панель управління шумоміра:

- 1 - ручка включення та режиму роботи вимірювального приладу;
- 2 - ручка перемикання частотних характеристик шумоміра;
- 3,4 - ручки перемикання рівнів шуму; 5 - ручка перемикання октавних фільтрів; 6 - вимірювальний прилад

- а) включити прилад, ручку 1 «вкл»;
- б) поставити ручку 2 в положення «Lin» або «А»;
- в) ручки 3 і 4 поставити в положення 90 і 10 або в інші положення, щоб вимірювальний прилад показував ділення в межах частини шкали;
- г) визначити величину загального рівня шуму, як суму шумів при положеннях ручки 3,4 і приладу 6.

Приклад: дільник 4 - свідчення 90 дБ, дільник 3 - свідчення 10 дБ, показання приладу - 8 дБ. Рівень звукового тиску становить: $90 + 10 + 8 = 108$ дБ.

2. Розрахувати сумарний рівень шуму у виробничому приміщенні від декількох джерел, використовуючи дані, наведені у таблиці 2.

3. Визначити, чи відповідає розрахований сумарний рівень шуму нормативним вимогам згідно ДСН 3.3.6.037-99.

4. Розрахувати послаблення рівня шуму відстанню від джерела шуму.

Мінівідеофільм про визначення рівня шуму під час виробничих досліджень наведено на сторінці дисципліни у навчальній платформі НУВГП за адресою:

<https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=2454>

Приклад розрахунку уточненого рівня шуму від декількох джерел:

У столярному цеху працюють 4 станки з відповідним рівнем шуму 1- 94 дБ; 2-86 дБ; 3 - 84 дБ; 4 - 70 дБ (показники вже розміщені по мірі їх зниження).

1. Розраховуємо уточнений сумарний рівень шуму. Для цього визначаємо різниці рівнів шуму за формулою (3) і відповідно скориговані рівні шуму від кожного джерела в такій послідовності: визначаємо скоригований рівень шуму від першого джерела з урахуванням рівня шуму від другого джерела. Для цього визначаємо різницю рівнів шуму від 1 та 2 джерела (ΔL_1):

$$\Delta L_1 = L_{max} - L_2 = 94 - 86 = 8 \text{ дБ.}$$

2. По таблиці 1 визначаємо величину додатку для $\Delta L_1 = 0,6$ дБ. Тоді скоригований сумарний рівень шуму від першого та другого джерела буде:

$$L_{сум1,2} = L_1 + \Delta L_1 = 94 + 0,6 = 94,6 \text{ дБ}$$

3. Подібним чином визначаємо скоригований рівень шуму від наступного 3- го джерела:

$$L_{сум1,2} - L_3 = 94,6 - 84 = 10,6 \text{ дБ, Додаток з таблиці 1 } \Delta L_2 = 0,4 \text{ дБ.}$$

$$L_{сум3} = L_{сум1,2} + \Delta L_2 = 94,6 + 0,4 = 95,0 \text{ дБ}$$

4. Визначаємо скоригований рівень шуму від 4-го джерела:

$$L_{сум3} - L_4 = 95,0 - 70 = 25,0 \text{ дБ, Додаток з таблиці 1 } \Delta L_3 = 0,0 \text{ дБ.}$$

$$L_{сум4} = L_{сум3} + \Delta L_3 = 95,0 + 0,0 = 95,0 \text{ дБ}$$

5. Тоді сумарний рівень шуму від всіх джерел буде: **$L_{сум} = 95,0$ дБ.**

На підставі отриманих даних визначаємо, чи відповідає розрахований сумарний рівень шуму нормативним вимогам згідно ДСН 3.3.6.037-99 у величинах еквівалентного рівня шуму, дБА.

<http://arm.te.ua/docs/DSN-3.3.6.037-99.pdf> .

Послаблення шуму відстанню розраховується за формулою:

$$L_N = L_0 - 20 \lg N/n$$

де: L_N - рівень шуму на відстані N метрів, який потрібно визначити;

L_0 - відомий рівень шуму на відстані n метрів.

Приклад: рівень шуму працюючого компресора на відстані 5 метрів дорівнює $L_0 = 92$ дБ. Яким буде рівень шуму на відстані 50 метрів при тих же умовах (без перешкод для розповсюдження звукових хвиль)?

$$L_1 = 92 - 20 \lg 50/5 = 92 - 20 = 92 - 20 = 72 \text{ дБ}$$

Вихідні дані: для розрахунку сумарного шуму і також послаблення рівня шуму на відстані N від його джерела взяти вихідні дані з таблиці 2 згідно нумерації студентів у списку академгрупи. Рівень шуму працюючої одиниці обладнання *прийняти для всіх варіантів на відстані $n=4$ метри* та його максимального рівня одного джерела (*наприклад, для 1 варіанту* – $L_0 = 71$ дБ) з таблиці 2.

Таблиця 2

№ студента	Вид обладнання	Кількість обладнання та величина шуму L (дБ) від кожного обладнання								Відстань, N , м
		1	2	3	4	5	6	7	8	
1	Насоси	36	44	58	42	33	64	71		16
2	Друкарські верстати	48	95	64	55	82				18
3	Компресори	62	52	73	84	96	83			25
4	Вентилятори	55	66	77	88	98	68	76		10
5	Насоси-дозатори	43	48	63	59	73	67	58	74	11
6	Преси	62	58	74	88	92	71	68	43	9
7	Стругувальні верстати	67	65	68	86					8
8	Шліфувальні верстати	66	55	97	95	63				15
9	Токарні верстати	45	85	63	58	88	65			9
10	Фрезерувальні	56	68	64	84	77	48	55		12

	верстати									
--	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Примітка: при відповіді обов'язково навести вихідні дані, скопіювавши їх з таблиці 2, та алгоритм розрахунку згідно прикладу.

Зміст звіту

1. Назва лабораторного заняття.
2. Мета заняття.
3. Суть методу вимірювання рівня шуму.
4. Експериментальні та розрахункові дані щодо визначення рівня шуму від джерела, сумарного рівня шуму від декількох джерел та послаблення рівня шуму відстанню.
5. Висновки.

Література

1. ДСНЗ.3.6.037.-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Київ, 1999. 29 с. URL: <http://arm.te.ua/docs/DSN-3.3.6.037-99.pdf>.
2. Кухнюк О. М., Кусковець С. Л., Сурговський М. В., Прокопчук Н. М. Практикум з охорони праці : навчальний посібник. Рівне : НУВГП. 2010. 266 с. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/2778/1/713418zah.pdf>.