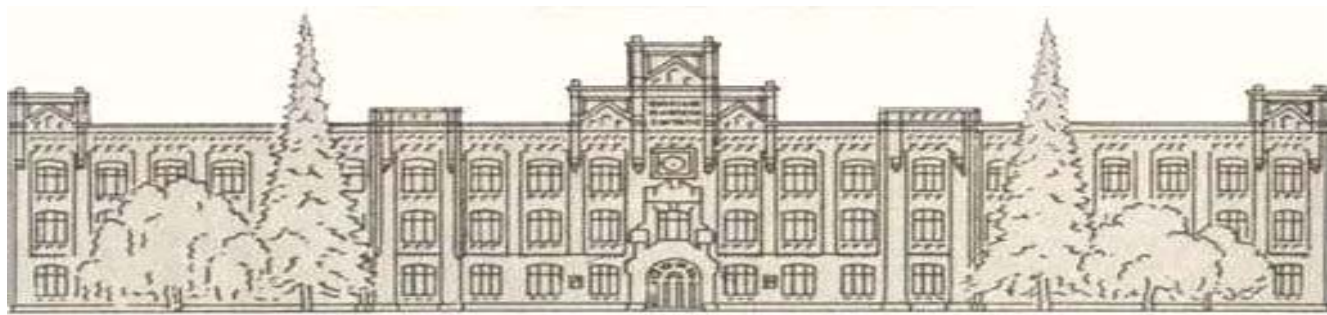


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”



**ДОСЛІДЖЕННЯ
ОЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ ВІД ІОНІВ ЗАЛІЗА ТА ФЕНОЛУ
ШЛЯХОМ АДСОРБЦІЇ
ВУГЛЕНАПОВНЕНИМ КАРТОНОМ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ НДРС З ДИСЦИПЛІНИ
“ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ”

для студентів спеціальності 8.090220 “Обладнання хімічних
виробництв і підприємств будівельних матеріалів”

Київ НТУУ “КПІ” 2008

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

ДОСЛІДЖЕННЯ
ОЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ ВІД ІОНІВ ЗАЛІЗА ТА ФЕНОЛУ
ШЛЯХОМ АДСОРБЦІЇ
ВУГЛЕНАПОВНЕНИМ КАРТОНОМ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ НДРС З ДИСЦИПЛІНИ
“ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ”

для студентів спеціальності 8.090220 “Обладнання хімічних
виробництв і підприємств будівельних матеріалів”

Затверджено на засіданні кафедри
машин та апаратів хімічних виробництв.
Протокол № 4 від 15.10.2008 р.

Київ НТУУ “КПІ” 2008

Дослідження очищення питної води від іонів заліза та фенолу шляхом адсорбції: Методичні вказівки до проведення НДРС з дисципліни “Обладнання для очищення води” для студентів спеціальності 8.090220 “Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів” /Укл. С.В.Сидоренко. –К.: НТУУ “КПІ”, 2008.-15 с.

Укладач

С.В. Сидоренко, канд. техн. наук

Відповідальний редактор

Я.М. Корнієнко, докт. техн. наук, професор

Рецензент

Н.М.Товстопалова, канд. техн. наук

ДОСЛІДЖЕННЯ ОЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ ВІД ІОНІВ ЗАЛІЗА ТА ФЕНОЛУ ШЛЯХОМ АДСОРБЦІЇ ВУГЛЕНАПОВНЕНИМ КАРТОНОМ

ВСТУП

Методи виділення, розділення або очищення різних сумішей неорганічних та органічних речовин найчастіше базуються на явищі адсорбції, що має місце на межі розподілу фаз тверда речовина – рідина. Адсорбція – це процес поглинання одного або декількох компонентів із розчину твердою речовиною – адсорбентом. Речовина, що поглинається, зветься адсорбтивом, а речовина, що вже поглинена – адсорбатом. Процеси адсорбції селективні і зворотні. Завдяки їхній зворотності стає можливим виділення поглинутих речовин з адсорбенту (десорбція).

Спроможність поверхні поглинати компоненти, пояснюється особливим станом молекул на межі розділу фаз. У середині фази кожна молекула зазнає практично однакової в усіх напрямках сили притягання інших молекул цієї фази. Молекули, що розташовані на межі розділу фаз, зазнають неоднакової сили притягання молекул, що знаходяться в різних фазах. Через неврівноваженість сил, що діють на межі фаз, поведження цих молекул відрізняється від поведження молекул, що знаходяться в середині фаз. Якщо результуюча сила тяжіння спрямована в глибину даної фази, то поверхня виявляється спроможною поверхневим шаром притягати або поглинати молекули з іншої фази, що перебувають в контакті з цим шаром. Молекули речовини, що поглинається, сорбуються, частково насичують поверхню сорбента та зменшують її вільну енергію. Тому адсорбція протікає самочинно, як будь-який процес, що супроводжується зменшенням вільної енергії.

В якості сорбентів застосовують активоване вугілля, синтетичні сорбенти і деякі відходи виробництва (золу, шлаки, стружки). Мінеральні сорбенти, глини, силікагелі, алюмогелі, гідроксиди металів для адсорбції органічних речовин із стічної води використовуються мало, оскільки їх енергія взаємодії з молекулами води велика – іноді перевищує енергію адсорбції. Найбільш універсальними з адсорбентів є активовані вугілля.

Процес адсорбційної очистки стічної води ведуть при різних умовах: при інтенсивному перемішування адсорбенту з водою, при фільтрації води крізь шар адсорбенту або в псевдозрідженому шарі на обладнанні періодичної чи безперервної дії. При використанні обладнання фільтруючого типу стічна вода не повинна містити твердих зважених домішок. Обладнання псевдозрідженого шару застосовують при високому вмісті зважених речовин у стічній воді.

1. МЕТА РОБОТИ І ОСНОВНІ ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Мета роботи – експериментальне дослідження впливу різних факторів на процес рідинної адсорбції, ознайомлення з методами зменшення підвищеного вмісту розчинених речовин у природних водах за допомогою вугленаповненого фільтрувального картону.

1.2. Задачі досліджень

- визначити питому продуктивність по дистильованій воді при різних значеннях тиску;
- побудувати калібрувальний графік у координатах відносна оптична густина розчину – масова концентрація розчиненої речовини;
- визначити питому продуктивність та коефіцієнт затримання при різних значеннях тиску, концентрації вихідного розчину, товщини картону;
- розрахувати константу проникненості при змінному тиску;
- проаналізувати отримані результати;

2. Теоретичні відомості

Розрізняють фізичну та хімічну адсорбцію. Фізична адсорбція обумовлена взаємним притяганням молекул адсорбата й адсорбенту під дією сил Ван-дер-Ваальса та не супроводжується хімічною взаємодією адсорбованої речовини з поглиначем. При хімічній адсорбції, або хемосорбції, у результаті хімічної реакції між молекулами поглиненої речовини та поверхневими молекулами поглинача виникає хімічний зв'язок. При поглинанні парів адсорбція іноді супроводжується заповненням порожнин адсорбенту рідиною, що утворюється внаслідок конденсації парів (капілярна конденсація). Конденсація відбувається внаслідок зниження тиску парів над увігнутим під дією сил поверхневого натягу меніском рідини в капілярах.

Сорбція є одним з найбільш ефективних методів очистки промислових вод, які містять домішки органічного походження і дає змогу досягти глибокої очистки до норм ГДК. Адсорбцію використовують для знезараження стічної води від фенолів, гербіцидів, пестицидів, ароматичних нітросполук, ПАР, фарбників і т.д. Переваги методу: можливість проводити адсорбцію з багатокомпонентних систем, а також висока ефективність методу.

З техніко-економічної точки зору адсорбція дуже ефективна для вилучення цінних продуктів з метою використання їх в замкнутому циклі основного виробництва.

Досить важливим, з практичної точки зору, при адсорбційній очистці промислової стічної води є кінетика процесу або швидкість адсорбції, яка визначає вибір технологічної схеми, габаритів апаратів і т.д. Швидкість процесу адсорбції залежить від концентрації адсорбенту, температури, природи та структури адсорбенту і адсорбтиву і визначається внутрішньою та

зовнішньою дифузією молекул з об'єму до поверхні зерен і у порах адсорбенту, (швидкістю самої адсорбції) і швидкістю обміну молекул, що адсорбуються конкурентно.

3. Опис лабораторної установки

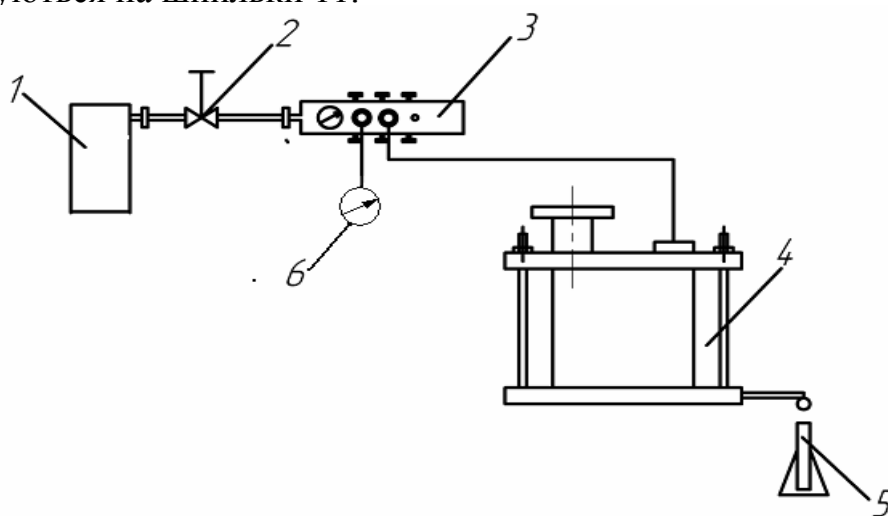
Схема установки по розділу розчинів наведена на рисунку 1. У роботі використовується фільтр з наступними показниками:

- внутрішній об'єм – 200 мл;
- мінімальний об'єм фільтрування – 50 мл, максимальний – 200 мл;
- діаметр фільтрувальної пластини – 64 мм;
- максимальний робочий тиск – 0,4 МПа.

Стиснутий газ із балона 1 через газовий редуктор 2 (типу ДКП-1-65) подається в розподільник газу 3, до одного з вихідних отворів, до якого за допомогою гнучкої поліетиленової трубки під'єднаний фільтр 4. Доцільно підключення додаткового зразкового манометра з високою точністю виміру робочого тиску в фільтрі (типу МО-6). Для цього в установці використовується зразковий манометр 6. Розчин, що профільтрувався, збирається в мірній бюретці 5. У разі потреби при пропусканні великого об'єму очищеної води через адсорбційний картон, градуйована пробірка знімається і замість неї очищена вода збирається в ємність.

Конструкція фільтра зображена на рисунку 2. Фільтр складається з прозорого циліндра 6, підстави 1 та кришки 9 з захисним клапаном 7, що скріплюються шпильками 11 та гайками 10.

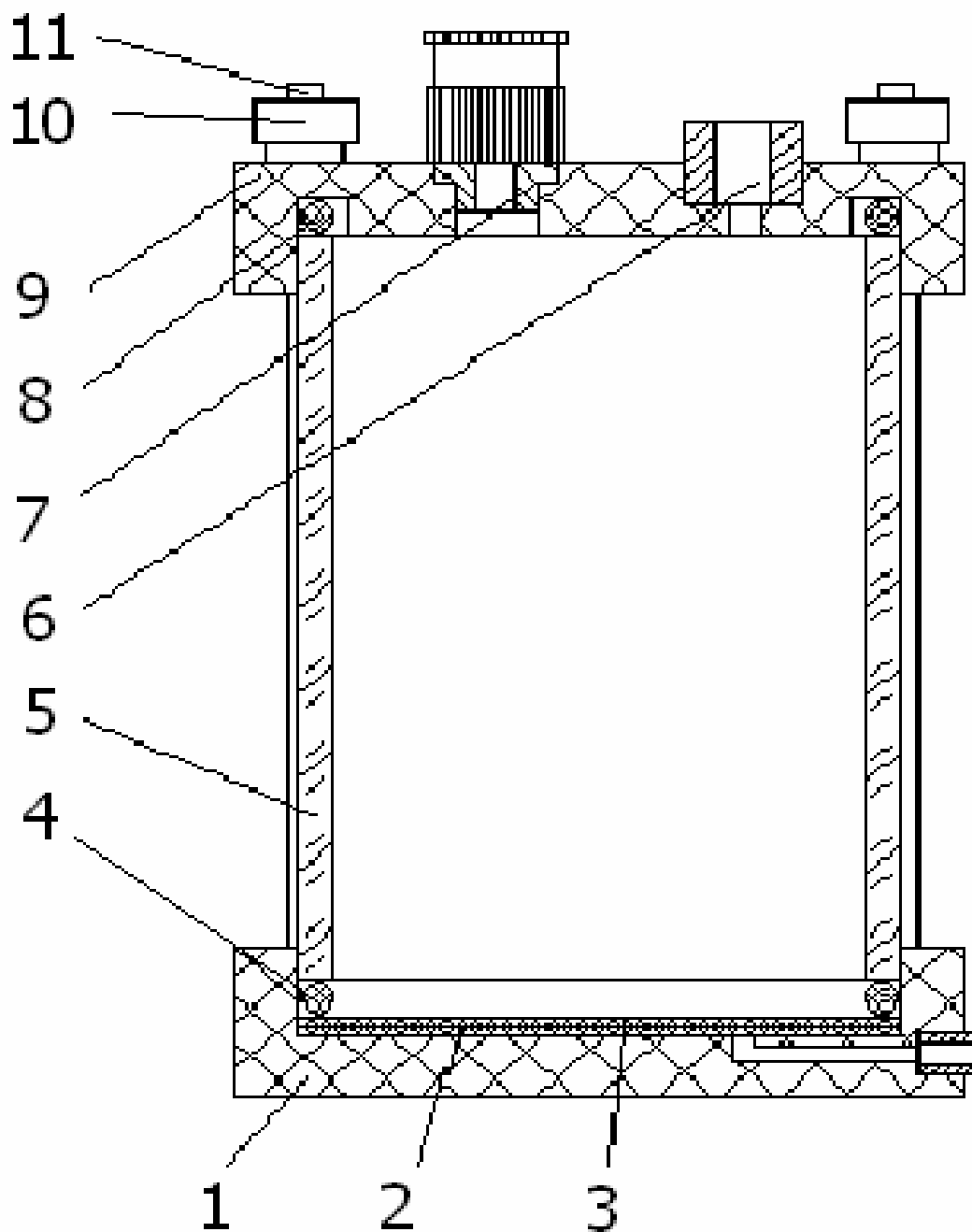
Адсорбційний картон 3 укладається на пористу підложку (дренажний матеріал, виготовлений із пористого фторопласта) 2. Кільця 4 та 8 забезпечують герметичність фільтра при ручному стягуванні чотирьох гайок 10, що накручуються на шпильки 11.



1 – балон зі стиснутим газом, 2 – газовий редуктор, 3 – розподільник газу,
4 – фільтр, 5 – вимірник витрати, 6 – манометр.

Рис.3.1 – Схема лабораторної установки

Отвір на кришці при знятому клапані служить для заливання розчину, а вхідний штуцер 6 – для подачі стисненого газу, вихідний штуцер – для зливу фільтрату в мірник.



1- підстава, 2 - пориста підложка, 3 – адсорбційний картон, 4,8 - кільця ущільнючі, 6 – вхідний штуцер для подачі стисненого газу, 7 – захисний клапан, 8 – контрогайка, 9 – кришка, 10 – гайки, 11- шпильки.

Рисунок 3.2 – Схема фільтра

Всі елементи фільтра, що контактують із розчином, виготовлені з матеріалів, що не іржавіють і добре стерилізуються. Кришка та підстава виго-

товлені з капролона, підложка – з пористого фторопласта, ущільнювальні кільця – з інертної силіконової гуми, прозорий циліндр – із полікарбоната.

4. Техніка безпеки

1. Перед початком роботи учбовий майстер обов'язково перевіряє справність редуктора на балоні зі стиснутим газом, тиск у якому сягає 15 МПа та наявність газу в балоні.
2. Закриття та відкриття лінії високого тиску повинно здійснюватися вентилем без ударів чи ривків.
3. Тиск повітря, що подається у розподільник газу, не повинен перевищувати 0,4 МПа.
4. Перед початком роботи необхідно перевірити наявність усіх необхідних хомутів на всіх патрубках, де тиск перевищує атмосферний.
5. Під час проведення роботи на установці потрібно дотримуватись правил роботи з хімічними речовинами.

5. Методика проведення роботи

1. Переконавшись в наявності усіх приладів та матеріалів необхідних для проведення роботи (терези, фотоелектрокалориметр, усі елементи установки згідно рис. 1, фільтрувальний картон, дистильована вода, речовина яку розчиняємо, хімічний посуд, секундомір).
2. Перевірити працездатність терезів.
3. Вирізати пластину фільтрувального картону діаметром $d = 64$ мм та змочити її у розчині спирту (протягом 5–6 хв.).
4. Зібрати фільтрувальну комірку.
5. Залити 180 мл дистильованої води у фільтр, загерметизувавши його.
6. Подати з балону у фільтр газ. Підтримувати постійний тиск у фільтрі, спостерігаючи за показами манометру 6, на протязі проведення досліду з водою.
7. За вказаний інтервал часу за допомогою мірної бюретки 6 та секундоміра вимірюють витрату води, що пройшла через фільтрувальний картон.
8. Визначити масову концентрацію іонів заліза (або фенолу) у початковому розчині X_1 (див. методику визначення загального вмісту заліза, фенолу в додатку 1, 2).
9. Залити 180 мл початкового розчину у фільтр, загерметизувавши його.
10. Подати у фільтр газ та провести досліди, з розчином аналогічно пп. 6 та 7, змінюючи картон після кожного досліду.
11. Визначити концентрацію іонів заліза (або фенолу) у фільтраті X_2 аналогічно п. 9.
12. Повторити дослід при інших значеннях тиску.
13. З метою визначення впливу концентрації розчину на характеристики процесу провести серію з декількох дослідів при сталому тиску, фільтруючи зразки розчину з різною початковою концентрацією розчинених речовин.

14. Провести серію дослідів при сталих значеннях тиску та однакої концентрації іонів заліза (або фенолу), використовуючи пластини картону різної товщини.

6. Обробка результатів досліджень

1. Визначити робочу площу пластини фільтрувального картону за формулою

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (6.1)$$

де d – діаметр робочої поверхні фільтрувальної пластини, м.

2. Визначити об'ємну продуктивність фільтра ($\text{м}^3/\text{с}$) за формулою

$$V = \frac{\Delta V}{\Delta \tau}, \quad (6.2)$$

де ΔV – об'єм фільтрата, що пройшов через фільтр, м^3 ;
 $\Delta \tau$ – час, за який отримано ΔV фільтрата, с.

3. Визначити питому продуктивність ($\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$) за формулою

$$I_V = \frac{\Delta V}{F}. \quad (6.3)$$

4. Знайти константу проникненості ($\text{м}/\text{с} \cdot \text{МПа}$) за формулою

$$L_P = \frac{I_V}{\Delta p}, \quad (6.4)$$

де Δp – перепад тиску, МПа.

5. Визначити коефіцієнт затримання за формулою

$$R = 1 - \frac{X_2}{X_1}. \quad (6.5)$$

6. Представити в декартових координатах графічні залежності

$$I_V = f(\Delta p), I_V = f(X_1), I_V = f(\delta), R = f(\Delta p), R = f(X_1), R = f(\delta), L_P = f(\Delta p).$$

7. Проаналізувати отримані результати.

Таблиця 6.1 – Експериментальні дані та результати їх обробки

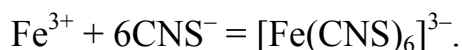
№ п/ч	Експериментальні дані				Розрахункові дані					
	δ , м	Δp , МПа	ΔV , м ³	$\Delta \tau$, с	V , м ³ /с	I_V , м ³ /с·м ²	L_p , м/(с·МПа)	X_1 , г/г	X_2 , г/г	R
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										

Додаток А

Визначення загального вмісту іонів заліза у воді

Методика визначення. Залізо у воді може перебувати у вигляді іонів Fe^{2+} та Fe^{3+} . При контакті води з киснем у повітрі або при додаванні до води окисників іони двовалентного заліза Fe^{2+} перетворюються на іони тривалентного заліза Fe^{3+} . Саме тому визначається *загальний* вміст іонів заліза.

При взаємодії іонів тривалентного заліза з роданід-іонами CNS^- розчин набуває буро-червоного забарвлення внаслідок утворення комплексних сполук:



Інтенсивність цього забарвлення залежить від вмісту іонів заліза. Характеристикою інтенсивності забарвлення є *відносна оптична густина* розчину, яка лінійно залежить від концентрації іонів Fe^{3+} .

Визначення вмісту заліза у воді здійснюється фотометричним методом. Перш за все необхідно побудувати калібрувальний графік, що відтворює залежність відносної оптичної густини розчину від концентрації іонів тривалентного заліза. Для цього готують серію розчинів з відомою концентрацією, вимірюють відносну оптичну густина кожного з них та будують калібрувальний графік у координатах відносна оптична густина розчину (ця величина безрозмірна) – концентрація іонів Fe^{3+} (мг/л). Після цього на фотоелектроколориметрі вимірюється оптична густина досліджуваного розчину, а далі за калібрувальним графіком визначається концентрація іонів заліза у ньому.

Побудова калібрувального графіка. Для побудови калібрувального графіка готують серію розчинів відомої концентрації, а потім вимірюють відносну оптичну густина кожного з них.

Спочатку готують *основний* розчин, що містить 100 мг заліза у 1 л. Для цього зважують на аналітичних терезах 0,8634 г солі Мора $\text{Fe}(\text{NH}_4)(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, розчиняють сіль у стаканчику з дистильованою водою, потім переносять до мірної колби ємністю 1 л та заповнюють колбу дистильованою водою приблизно наполовину. Відміряють мірним циліндром 2 мл концентрованої сірчаної або концентрованої соляної кислоти, обережно додають кислоту до мірної колби та інтенсивно перемішують. Після цього доводять об'єм розчину дистильованою водою до риски на колбі. У такому стані *основний* розчин можна зберігати тривалий час.

Для приготування *розчину роданіду* зважують на технохімічних терезах 25 г роданіду калію чи роданіду амонію та розчиняють у 25 мл дистильованої води.

Перед визначенням оптичної густини одержують *робочий* розчин заліза. Для цього *основний* розчин розбавляють у 10 разів, тобто відбирають піпеткою 10 мл *основного* розчину, переносять до мірної колби на 100 мл та доводять об'єм розчину дистильованою водою до риски. Отриманий таким чином *робочий* розчин містить 10 мг заліза у 1 л.

У шість мірних колб на 100 мл відбирають піпеткою відповідно 0, 2, 4, 6, 8, та 10 мл *робочого* розчину заліза, додають у кожну з цих колб по 2 мл соляної кислоти, декілька кристалів персульфату амонію $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ (можна також використовувати персульфат натрію) та інтенсивно перемішують. Потім відбирають піпеткою по 2 мл *розчину роданіду* та додають до кожної з шести колб. Дистильованою водою доводять об'єм розчину у кожній колбі до риски. Таким чином, приготовані розчини містять у 1 л 0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 мг заліза. Розчин у першій колбі, що не містить заліза, називають *холостим*. Інші розчини мають бути забарвленими більш інтенсивно.

Для вимірювання оптичної густини дві кювети однакової довжини промивають дистильованою водою. Потім у одну з них наливають *холостий* розчин, ставлять у фотоелектроколориметр проти променя світла та за допомогою регуляторів встановлюють покази шкали на «нуль». У другу кювету наливають розчин відомої концентрації із однієї з п'яти мірних колб, ставлять проти променя світла та знімають покази прилада – відносну оптичну густину розчину. Потім знову встановлюють покази шкали на «нуль» для *холостого* розчину та вимірюють відносну оптичну густину розчину. Вимірювання відносної оптичної густини слід проводити 3÷4 рази для кожного розчину; на калібрувальному графіку відкладають її середнє значення. Аналогічно роблять з іншими розчинами. Слід зауважити, що перед вставленням кювети у фотоелектроколориметр треба її витерти фільтрувальним папірцем.

Визначення вмісту іонів заліза за калібрувальним графіком. Відбирають 50 мл *досліджуваної* води, переносять до мірної колби на 100 мл, додають 2 мл соляної кислоти, декілька кристалів персульфату амонію чи натрію та добре перемішують. Потім додають 2 мл розчину роданіду та доводять об'єм дистильованою водою до риски. Для вимірювання оптичної густини у одну кювету наливають *холостий* розчин, у другу – щойно приготований досліджуваний. Вимірявши оптичну густину, знаходять концентрацію заліза *за графіком*. Якщо концентрація заліза *за графіком* виявляється дуже малою, треба дослід повторити, але замість 50 мл відібрати більше, якщо дуже великою – то менше. Але відбирати об'єм проби треба точно.

Для визначення вмісту заліза у досліджуваній воді користуються формулою

$$X = \frac{C \cdot 100}{V},$$

де C – концентрація заліза, що знайдена *за графіком*, мг/л; V – об'єм проби води, взятої для аналізу, мл; 100 – об'єм досліджуваного розчину, мл; X – масова концентрація заліза у досліджуваній воді, мг/л.

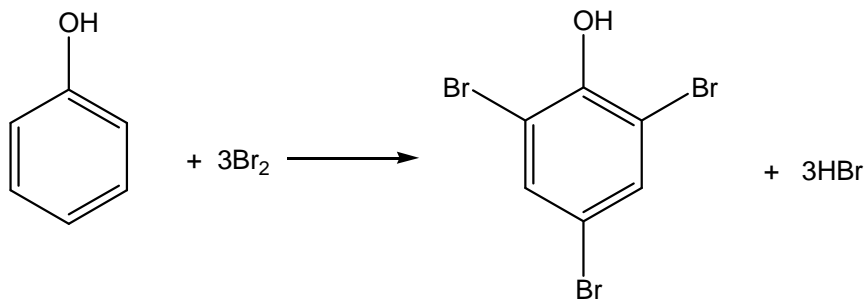
Додаток В

Визначення вмісту фенолу у воді

Прилади: 1-на мірна колба на 1л (або якійсь інший посуд), 1-на конічна колба на 250мл з притертою кришкою, мірні піпетки: 5, 10, 25 мл, пробовідбірник або “груша”, бюретка, воронка, аналітичні терези, штатив.

Реактиви: розчин забруднений фенолом, сірчана кислота 1:3, 1.66г. бромату калію (KBrO_3), 6г. броміду калію (KBr), йодид калію (KI), розчин тіосульфату натрію (з концентрацією 0.05моль/л), 0.5% свіжозаварений розчин крохмалу, дисцильована вода.

Методика визначення. Метод застосований на бромованні фенолу і визначенні залишку бромю, який залишився після реакції:



При бромованні фенолу у кислому середовищі розчином, який містить KBr і KBrO_3 , утворюється білий осад трибромфенолу (реакція приведена вище).

Залишок бромю, який не прореагував, визначають за допомогою йоду, витісненого бромом із йодиду калію:



Йод, який утворився реагує з тіосульфатом натрію:



Хід визначення. Спочатку готують 0.1 моль/л бромат-бромідний розчин для чого на аналітичних терезах взважують 1.66г бромату калію (KBrO_3) і 6г броміду калію (KBr) та переносять у колбу місткістю в 1л (для зручності можна розчинити наважки в невеликому об'ємі дистильованої води та перелити у колбу) та заповнюють дисцильованою водою до відмітки.

У конічну колбу місткістю 250 мл за допомогою відповідних піпеток наливають 25 мл води забрудненої фенолом, 10мл бромат-бромідного розчину (0.1моль/л) та 5 мл сірчаної кислоти розбавленої 1:3. Колбу закривають пробкою, кілька разів струшують та залишають у спокої на 3-5 хв. Потім додають приблизно 0.8-1 гр йодиду калію, знов закривають пробкою, струшують і залишають у спокої на 3 хв. Далі розчин титрують тіосульфатом натрію з концентрацією $C(1/2\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0.1$ моль/л за наявності кількох крапель крохмалу до повного знебарвлення розчину (під час титрування розчин інтенсивно перемішують). Розчин крохмалу (5-6 крапель) вносять в пробу незадовго до кінці титрування, коли колір розчину має світло-жовте забарвлення.

Концентрація фенолу обчислюється за формулою:

$$C_{\phi} = \frac{(V_{\text{бр}} - V_m) \cdot C(1/2Na_2S_2O_3) \cdot M}{6 \cdot V}, \text{ де}$$

C_{ϕ} - концентрація фенолу, г/дм³; $V_{\text{бр}}$ – об'єм бромід-броматного розчину з концентрацією 0.1 моль/л, який взято для визначення, мл (10мл); V_m - об'єм розчину тіосульфату натрію з концентрацією $C(1/2Na_2S_2O_3)=2 \cdot C(Na_2S_2O_3)= 0.1$ моль/л, який пішов на титрування, мл; M - молярна маса фенолу, г/моль (94 г/моль); 6-еквівалент фенолу; V - об'єм досліджуваної проби, мл (25мл).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дитнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологий: Учебник для вузов: Ч. 1-2.-М.: Химия, 1992
2. Дитнерский Ю.И. Обратный осмос и ультрафильтрация. –М.: Химия, 1978. – 352 с.
3. Кульский Л.А., Гороновский И.Т., Кочаловский А.М. Справочник по свойствам, методам анализа и очистки воды. Ч. 2. - Киев: Наукова думка, 1980.-1806 с.
4. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод./ Запольский А.К., Мешкова-Кліменко Н.А., Астрелін І.М.- Київ, Лібра, 2000 - 552с.

Навчальне видання

ДОСЛІДЖЕННЯ
ОЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ ВІД ІОНІВ ЗАЛІЗА ТА ФЕНОЛУ
ШЛЯХОМ АДСОРБЦІЇ
ВУГЛЕНАПОВНЕНИМ КАРТОНОМ

Методичні вказівки до проведення НДРС
з дисципліни “ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ”

для студентів спеціальності 8.090220 “Обладнання хімічних
виробництв і підприємств будівельних матеріалів”

Укладач:

С.В. Сидоренко, канд. техн. наук