

Державний вищий навчальний заклад
“Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника”
Кафедра теоретичної та прикладної хімії

Методичні вказівки і інструкція
до виконання лабораторної роботи з курсу
“Хімічна експертиза”

Лабораторна робота №3

Визначення фенолів в стічних водах
фотоколориметричним методом

Затверджено на засіданні кафедри теоретичної та прикладної хімії
(протокол № від “30” серпня 2017 р.)

Завідувач кафедрою _____ Миронюк І.Ф.

Підготувала доцент _____ Федорченко С.В.

Івано-Франківськ
2017

В даних методичних вказівках описана лабораторна робота, виконання якої дозволить студентам використати певні аналітичні уміння та знання для формування навичок вимірювання параметрів навколишнього середовища.

Теоретична частина роботи містить відповідний теоретичний матеріал і опрацьовується студентами, в основному, самостійно. Практична частина включає лабораторну роботу, при виконанні яких студент ознайомлюється з апаратурою, технікою виконання аналізу. Особлива увага приділяється описанню техніки хімічного експерименту, розбору умов проведення реакцій, методикам визначення, правилам та способам розрахунків.

Порядок виконання лабораторних робіт.

1. Опрацювати перед виконанням лабораторної роботи рекомендовану літературу і скласти відповідний запис, який включає короткі теоретичні відомості, характеристику апаратури, приладів, методику виконання аналізу, хімізм процесу. Зрозуміти мету роботи і методику її виконання.
2. Ознайомитися з інструкцією з техніки безпеки при роботі в лабораторії.
3. Захистити перед виконанням лабораторної роботи практичну частину даної роботи – отримати “допуск”, який передбачає знання апаратури, хімізму процесу і, особливо, методики виконання аналізу.
4. Приготувати у чіткій відповідності з методикою необхідні прилади, матеріали, реактиви і посуд.
5. Отримати у викладача дозвіл на включення приладу.
6. Виключити по закінченню роботи прилад, привести в порядок і здати робоче місце лаборанту.
7. Скласти після виконання лабораторної роботи звіт про виконану роботу: записати експериментальні дані, провести їх обробку, навести графіки на міліметровому папері, зробити висновки.
8. Захистити виконані та оформлені роботи разом з відповідними теоретичними питаннями перед викладачем.
- 9.

Запитання для допуску до лабораторної роботи:

- 1) пояснити, в чому полягає зміст роботи;
- 2) визначити, що є аналітичним сигналом;
- 3) описати фізичні і хімічні взаємодії, які лежать в основі методу;
- 4) описати передбачувану залежність функції, що реєструється від концентрації (об'єму розчину) реагента;
- 5) пояснити принцип роботи вимірювального приладу, назвати його основні вузли;
- 6) пояснити порядок підготовки розчинів;
- 7) викласти послідовність операцій при проведенні вимірів на приладі.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3

1. ТЕМА: визначення концентрації фенолу у воді фотоколориметричним методом.

2. МЕТА: оволодіти прийомами визначення концентрації фенолу у воді фотоколориметричним методом.

2.1. В результаті проведення лабораторного заняття студенти повинні:

знати

- загальну характеристику фотоколориметричного методу аналізу;
- значення фенолів як забруднювальних речовин; вплив фенолів на організм живих істот;
- принцип фотоколориметричного визначення фенолів у стічних водах; хімічні реакції, на яких ґрунтується це визначення;
- призначення складових частин та принцип роботи фотоколориметру КФК-2 і напрямки його використання;
- техніку безпеки при проведенні хімічних експериментів;
- методику проведення хімічних експериментів;

вміти

- оволодіти технікою роботи на фотоколориметрі;
- провести дослідження води на вміст фенолу: визначити коефіцієнт пропускання τ дослідних розчинів відомої концентрації, визначити оптичну густину D дослідних розчинів відомої концентрації; визначити оптичну густину дослідних розчинів невідомої концентрації, скориставшись методом калібрувального графіку;
- виконувати вимоги безпечної роботи з хімічними об'єктами.

2.2. Самостійна робота на занятті:

- фронтальне опитування, виконання тестових або індивідуальних завдань (перевірка домашньої самопідготовки);
- аналіз та обговорення основних питань, корекція вихідного рівня знань;
- виконання лабораторної роботи;
- обговорення та математична обробка експериментальних результатів;
- обговорення висновків та оформлення протоколу (залік лабораторної роботи).

3. РЕАКТИВИ І ОБЛАДНАННЯ:

1. Хлоридна кислота (густиною 1,17 г/мл) – 25 мл.
2. Хлоридна кислота (1н) для приготування р-ну хлориду *n*-нітродіазобензолу – 200 мл
3. $KMnO_4$ (кристалічний) – 4 г.
4. *n*-нітроанілін – 1 г.
5. Купрум сульфат, 10%-вий розчин.
6. Фосфатна кислота, 10%-вий розчин.
7. Натрій карбонат, 5%-вий розчин.
8. Натрій нітрит, 5%-вий розчин.
9. Еталонний розчин фенолу з вмістом фенолу 0,01 мг/мл.
10. Дистильована вода.
11. Установка для одержання хлорованої води (штатив, колба чи пробірка з отвором, крапельна лійка, газовідвідна трубка, колба з 50 мл води)
12. Установка для відгону фенолів з водяною парою (зокрема, перегонна колба на 500 мл, конічна колба-приймач на 200-250 мл)
13. Мірна колба місткістю 100 мл – 10 шт.
14. Мірна колба місткістю 200 мл – 6 шт.

15. Мірна колба місткістю 1 л – 3 шт.
16. Хімічна склянка місткістю 200-300 мл – 2 шт.
17. Піпетка місткістю 5 мл – 2 шт.
18. Піпетка місткістю 10 мл – 2 шт.
19. Скляна паличка.
20. Техно-хімічні терези.
21. Аналітичні терези (типу ВЛР-200).
22. Фотоелектроколориметр КФК-2.

4. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

4.1. Загальна характеристика фенолів

Фенол і його похідні – це забруднювачі природних об'єктів, які відносяться до сполук другого класу небезпеки, тобто сполук, потрапляння яких в організм людини, тварин і рослин може викликати незворотні зміни. Це як монофункціональні речовини, так і поліфункціональні, наприклад, просто феноли, нітрофеноли, амінофеноли, галогенопохідні фенолів.

У природних умовах феноли утворюються внаслідок процесів метаболізму водних організмів та біохімічного розкладу і трансформації органічних речовин, які відбуваються у воді і донних відкладах. Крім цього, феноли є одним з найбільш поширених забруднювачів, які потрапляють у природні води зі стічними водами.

Вченими багатьох країн розглядається проблема впливу фенолів та їх похідних на різні функціональні органи живих організмів. Їхніми дослідженнями встановлено, що феноли спричинюють досить сильний негативний вплив на функціонально важливі структурні елементи живих організмів, згубливо діючи на білковий обмін, мембранні характеристики різних органів людини, функції спинного мозку, а також викликаючи злоякісні утворення. В зв'язку з цими висновками зрозуміло, що необхідний постійний контроль над вмістом фенолів в різних об'єктах навколишнього середовища.

Феноли поділяються на дві групи: леткі з парою (фенол, крезолі, ксилілолі, гваякол, тимол) і нелеткі (резорцин, пірокатехін, гідрохінон, пірогалол та інші). Леткі з парою феноли більш токсичні, мають інтенсивний запах і через те їх допустимі концентрації у водах дуже малі. При аналізі вод в першу чергу визначають вміст летких фенолів і часто цим обмежуються.

Для визначення сумарного вмісту фенолів (груповий показник) використовують гравіметричний метод, а для визначення летких з парою фенолів — фотометричний з диметиламіноантипірином.

Феноли визначають не пізніше, ніж через 4 год після відбору проб води. Якщо аналіз не можна виконати у названий термін, проби консервують і зберігають при температурі 2-4°C протягом 3-4 діб (леткі феноли) і не більше 2 діб (нелеткі феноли). Леткі з парою феноли консервують додаванням у пробу

води 4 г гідроксиду натрію, нелетки – 1 мл концентрованої сірчаної кислоти на 1 л проби.

В стічній воді звичайно визначаються одноатомні феноли: фенол, крезоли та інші сполуки цієї групи. На відміну від двох- і трьохатомних фенолів, одноатомні феноли переганяються з водяною парою, а при хлоруванні води надають їй неприємний хлорфенольний запах.

4.2. Загальна характеристика методів визначення фенолів

Для визначення фенолів в об'єктах навколишнього середовища використовують майже весь арсенал фізико-хімічних методів аналізу.

Гравіметричне визначення сумарного вмісту фенолів

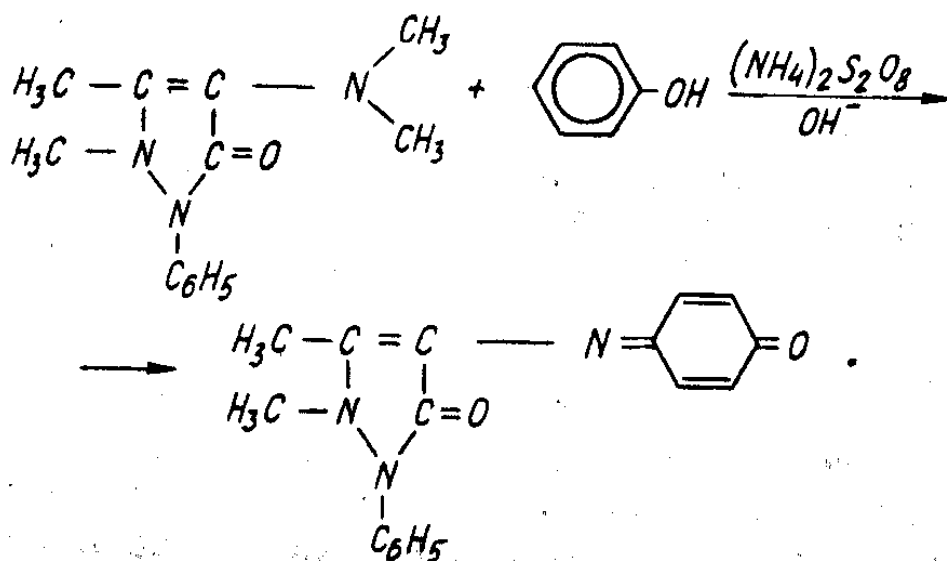
Для визначення сумарного вмісту фенолів застосовують екстракційне виділення органічних речовин діетиловим ефіром, їх розділення на групи і зважування групи фенольних сполук. Коефіцієнт поділу фенолів, особливо легких, між діетиловим ефіром і водою настільки великий, що попереднє концентрування проби не потрібне.

Чутливість методу становить 1 мг фенолів в 1 л води.

Фотометричне визначення легких фенолів з диметиламіноантипірином (амідопірином)

Метод базується на взаємодії фенолів з диметиламіноантипірином у лужному середовищі (рН 9,3) у присутності персульфату амонію з утворення мантипіринового барвника.

Продукт екстрагують сумішшю ізоамілового спирту і хлороформу. Оптичну густина екстракту вимірюють при 460 нм.



Мінімально визначувана концентрація фенолів становить 1 мкг/л води. Визначенню заважають сильні окисники і відновники, кислоти, луги, сірководень, тіосульфати, роданіди, ціаніди і органічні сполуки, які реагують з

персульфатом. Впливу більшості названих речовин можна позбутися перегонном летких фенолів.

Вплив великих кількостей нафтопродуктів і смол, що заважають аналізу, нейтралізують перед відгоном фенолів їх екстракцією тетрахлоридом вуглецю при рН 12 ÷ 12,5.

Визначення вмісту нелетких фенолів гравіметричним методом

Леткі феноли відганяють, а нелеткі екстрагують ефіром і визначають як загальний вміст усіх фенолів. У залишку після видалення ефіру можуть бути й інші речовини з більш слабкими кислотними властивостями ($pK \geq 10$). Амінокислоти з таким рК не екстрагуються, з наявністю інших речовин у водах можна знехтувати.

Разом з тим, одним з найважливіших методів визначення фенолів є **фотоколориметричний**, оснований на утворенні інтенсивно-забарвлених сполук при взаємодії з фенолами діазотованих п-нітроаніліну чи сульфанілової кислоти.

Цей метод відноситься до **молекулярного абсорбційного аналізу**, що ґрунтується на поглинанні світла молекулами речовини або складними йонами в ультрафіолетовій, видимій та інфрачервоній областях спектра (спектрофотометрія, фотоколориметрія, ІЧ-спектроскопія). Часто фотоколориметричний і спектрофотометричний методи об'єднують в групу, яку називають **фотометричними** методами аналізу. В основі більшості фотометричних методів аналізу лежить залежність інтенсивності монохроматичного світла, що пройшло через шар забарвленого розчину (I), від інтенсивності падаючого світла (I_0), концентрації забарвленої речовини (C) і товщини шару поглинаючого розчину (l), яка визначається основним законом світлопоглинання – об'єднаним законом **Бугера-Ламберта-Бера**:

$$I = I_0 \cdot 10^{-KCl}$$

де K – коефіцієнт світлопоглинання, який залежить від природи речовини, температури, природи розчинника і довжини хвилі падаючого світла.

Фотоколориметричний метод визначення фенолів у стічних водах ґрунтується на дистиляції фенолів із води з наступним фотометруванням сполуки, отриманої взаємодією фенолів з діазотованим п-нітроаніліном.

4.2. Умови фотоколориметричних визначень

Оскільки фотометричні методи використовуються для аналізу малих концентрацій, а переважна більшість речовин у розбавлених розчинах безбарвна або слабо забарвлена, то для проведення фотометричних вимірювань у видимій області спектра необхідно визначувати речовини перевести в інтенсивно забарвлені сполуки. З цією метою використовують неорганічні або

органічні речовини (**фотометричні реактиви**), які в строго певних умовах утворюють з досліджуваною речовиною стійкі забарвлені сполуки. Їх і фотометрують (вимірюють світлопоглинання).

Для фотоколориметрування розчини поміщають у скляні кювети певної товщини. Бажано, щоб оптична густина не була меншою 0,1 і більшою 0,9–1,0. Якщо ж вона виходить за вказані межі, необхідно використати кювети з більшою або меншою товщиною поглинаючого шару.

Прилади – фотоелектроколориметри – дають можливість виділяти з видимого спектра невелику ділянку в інтервалі довжин хвиль 20–100 нм за допомогою світлофільтрів.

На практиці вибирається той світлофільтр, при якому спостерігається максимальне світлопоглинання, тобто максимум поглинання розчину повинен відповідати максимуму пропускання (мінімуму поглинання) світлофільтра.

4.2. Прилади фотометричного аналізу

4.2.1. Характеристика фотоелектроколориметра КФК-2.

Колориметр фотоелектричний концентраційний КФК-2 вимірює у діапазоні хвиль 315-980 нм коефіцієнти пропускання і оптичну густину розчинів та прозорих твердих тіл. Колориметр дозволяє проводити вимірювання коефіцієнтів пропускання розсіювальних суспензій, емульсій, колоїдних розчинів, прозорих твердих тіл, а також активності розчинів.

Принцип дії колориметра ґрунтується на почерговому вимірюванні світлового потоку I_0 , який проник через розчинник чи контрольний розчин, та потоку I , який проник через дослідний розчин. Коефіцієнт пропускання визначається як відношення цих потоків:

$$\tau = \frac{I}{I_0} \cdot 100\%$$

На колориметрі це **відношення** визначається таким чином:

1. Спочатку до світлового потоку поміщають кювету з розчинником або контрольним розчином.
2. Змінюванням чутливості колориметра домагаються, щоб відлік по шкалі коефіцієнтів пропускання колориметра дорівнював 100 поділкам. Отже, умовно приймається, що коефіцієнт пропускання розчинника дорівнює 100%.
3. Потім до світлового пучка поміщають кювету з дослідним розчином. Показ приладу по шкалі τ дорівнює коефіцієнту пропускання в %, а по шкалі D - оптичній густині цього розчину.

Колориметр складається з **двох блоків: оптичного** (колориметричного) і **блока живлення**. Блок живлення по направляючим встановлюється до оптичного і електрично з'єднується з ним через роз'єм.

До складу **оптичної схеми** колориметра входять: лампа, оптичний вузол для фокусування випромінювання лампи, кольорові світлофільтри для виділення вузьких ділянок спектра із суцільного спектра випромінювання лампи (увесь спектральний діапазон роботи колориметра від 315 до 980 нм за їх допомогою розбили на 11 інтервалів), кювети з розчином, пластинка, котра розділяє потік випромінювання на два: 10% його спрямовується на фотодіод і 90% – на фотоелемент.

Електрична схема колориметра складається з перетворювачів світлового випромінювання в електричні сигнали (фотоприймачів - фотодіода ФД-24К і фотоелемента Ф-26), посилювача постійного струму, стабілізаторів напруги. Фотоприймачі і посилювач з перемикачем фотоприймачів розміщені в оптичному блоці, а стабілізатори і джерело напруги - в блоці живлення. Потік випромінювання, який проходить через дослідний розчин, діє одночасно на фотодіод і фотоелемент. Вхід посилювача постійного струму підключається до одного з фотоприймачів в залежності від спектрального діапазону. Струм фотоприймача, який підключено, посилюється і подається на вимірювальний прилад, показ якого пропорційний потоку випромінювання, що пройшов через дослідний розчин.

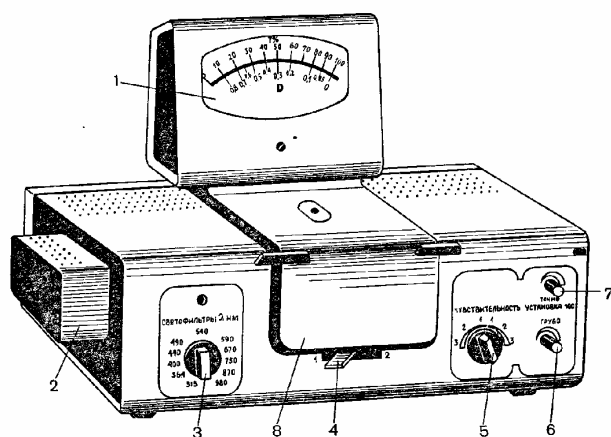


Рис. 1. Загальний вигляд фотоелектроколориметра КФК-2.

1 – мікроамперметр, 2 – лампа накаливання, 3 – рукоятка для введення світлофільтрів, 4 – перемикач кювет, 5 – перемикач фотоприймача, 6 – ручка «установка 100 грубо», 7– ручка «установка 100 точно», 8 – кришка кюветного відділення.

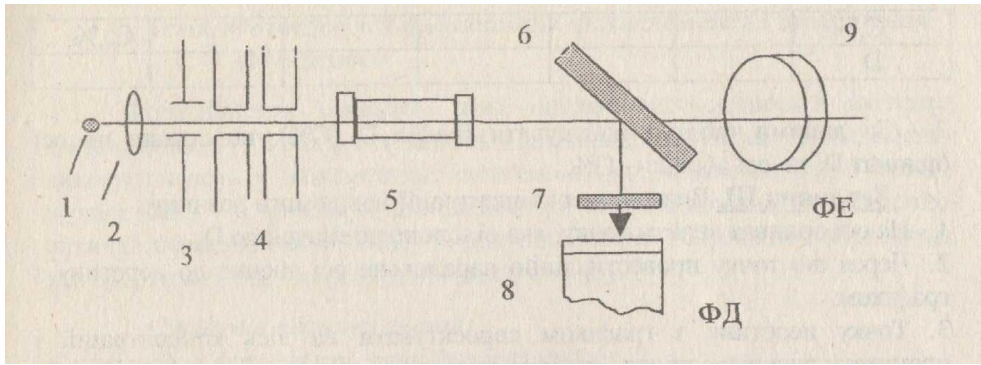


Рис.2. Оптична схема КФК-2.

Промінь світла від освітлювача (1) через конденсор (2), діафрагму (3) і світлофільтр (4) падає на кювету (5) з досліджуваним розчином, після чого розділяється на два промені напівдзеркальною пластинкою (6). Один промінь з інтенсивністю $I_1=0,9 I_0$ падає на фотоелемент (9), а інший з інтенсивністю $I_2=0,1 I_0$ падає на більш чутливий фотодіод (8). Фотоелемент або фотодіод працюють неодноразомно. В положеннях 3, 2, 1, позначених чорним кольором, працює фотоелемент, а в положеннях 1, 2, 3, позначених червоним кольором, працює фотодіод. Напруга, яка виникає в фотоелементі або фотодіоді, підсилюється і подається на мікроамперметр, шкала якого градуїрована в одиницях оптичної густини D і коефіцієнта пропускання τ зі своїм світлофільтром.

4.2.2. Підготовка до роботи на фотоелектроколориметрі КФК-2.

1. Включити прилад в електромережу з напругою 220 В за 25–30 хв до початку вимірювань. Кюветне відділення при цьому повинно бути відкритим (при цьому шторка перед фотоприймачами перекриває світловий потік).
2. Перемикачем (3) поставити відповідний світлофільтр.
3. Встановити мінімальну чутливість колориметра. Для цього ручку “Установка 100 точно” необхідно встановити в положення 1, ручку ”Установка 100 грубо” – в крайнє ліве положення.
4. Перед вимірами і при переключенні фотоприймачів перевірити установку стрілки колориметра на 0 за шкалою коефіцієнтів пропускання при відкритому кюветному відділенні.
5. В одну з кювет налити до мітки досліджуваний, в іншу кювету – контрольний розчин для порівняння. Протерти бокові стінки кювет чистою ганчіркою. Помістити кювети у кюветне відділення.
6. Закрити кюветне відділення. Посунути кювету з контрольним розчином під промінь.

7. Ручками (6) і (7) встановити стрілку мікроамперметра по шкалі τ на поділці "100".
8. Ручкою (4) посунути під промінь кювету з розчином.
9. Зробити відлік по шкалі D . Точність - соті долі.

5. ЗМІСТ РОБОТИ.

5.1. Якісне визначення фенолів у стічних водах.

5.1.1. Одержання хлорованої води.

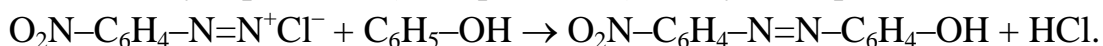
Хлорована воду одержують у витяжній шафі. У зібрану на штативі колбу або пробірку з отвором і крапельною лійкою вносять 4 г перманганату калію. У лійку наливають 25 мл хлоридної кислоти (густиною 1,17 г/мл). Кінець газовідвідної трубки занурюють у колбу з 50 мл води і насичують воду хлором до її забарвлення в слабо-зеленуватий колір.

5.1.2. Проведення якісного визначення.

У колбу об'ємом 200-300 мл наливають 100 мл досліджуваної води і поступово вливають біля 1-2 мл хлорованої води. При наявності фенолу утворюється хлорфеноли (в основному ортозаміщені), що мають характерний подразнюючий запах.

5.2. Кількісне визначення фенолів у стічних водах.

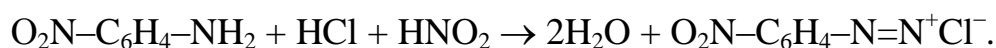
Метод базується на тому, що одноатомні феноли, які містяться у досліджуваній воді, відганяються з водяною парою. Потім в кислому середовищі при дії хлориду *n*-нітродіазобензолу одержується азосполука, яка забарвлює розчин в слабооранжевий колір. Реакція азосполучення *n*-нітродіазобензолу з фенолом (або крезолами) описується рівнянням:



Цей розчин колориметрують на фотоелектроколориметрі. За інтенсивністю забарвлення розчину за допомогою калібрувального графіку знаходять вміст летких фенолів (в розрахунку на фенол).

5.2.1. Приготування розчину хлориду *n*-нітродіазобензолу

Розчин готують з *n*-нітроаніліну і азотистої кислоти за наступною схемою:



(1,000±0,001 г) *n*-нітроаніліну розчиняють в 200 мл 1 н розчину HCl, кількісно переносять отриманий розчин в мірну колбу на 1 л, доливають

дистильовану воду до мітки і ретельно перемішують вміст колби.

100 мл приготовленого розчину доводять до $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, далі при постійному перемішуванні скляною паличкою додають по краплях 5 мл 5%-го розчину натрій нітриту NaNO_2 . Отриманий розчин зберігають в склянці з темного скла з притертою пробкою (стійкість розчину 8 год).

5.2.2. Приготування еталонного розчину фенолу.

($1,000 \pm 0,001$ г) фенолу розчиняють в склянці з дистильованою водою. Одержаний розчин кількісно переносять в мірну колбу об'ємом 1 л і доводять до мітки дистильованою водою. Ретельно перемішують і переливають отриманий розчин в чисту суху склянку з темного скла з притертою пробкою. Розчин містить 1 мг фенолу в 1 мл (стабільність розчину 4 тижні).

З цієї колби відбирають 10 мл розчину, переносять в іншу мірну колбу об'ємом 1 л і доливають до мітки дистильованою водою. Ретельно перемішують. Розчин містить 0,01 мг фенолу в 1 мл (стабільність розчину 8 год).

5.2.3. Приготування серії стандартних розчинів фенолу.

Для побудови калібрувального графіка готують серію стандартних розчинів використовуючи набір мірних колбочок по числу запланованих вимірювань.

Для приготування стандартних розчинів з відомим вмістом фенолу в 10 мірних колб об'ємом по 100 мл наливають з мікробюретки послідовно 0; 0,3; 0,5; 0,7; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0 мл еталонного розчину, додають по 80 мл дистильованої води, по 2 мл 5%-ного розчину натрію карбонату, перемішують, а потім в кожен колбу додають по 4 мл розчину хлориду *n*-нітродіазобензолу. Доливають до мітки водою і суміш знову ретельно перемішують. Через 15 хвилин приступають до колориметрування, встановивши синій світлофільтр і кювету товщиною 20 мм.

Оптичну густину еталонних розчинів № 2–10 вимірюють відносно контрольного розчину (без розчину фенолу). Користуючись еталонними розчинами, будують калібрувальний графік, відкладаючи на осі абсцис концентрацію фенолу (в мг/л), а на осі ординат – оптичну густину відповідних розчинів. Результати заносять до таблиці:

№ п/п	Об'єм станд. р-ну фенолу, мл	Вміст фенолу, мг/л	Оптична густина			
			A ₁	A ₂	A ₃	A _{сер}

5.2.4. Проведення фотоколориметричного визначення фенолу в стічній воді.

Для аналізу беруть проби води, керуючись наступним:

- а) якщо передбачуваний вміст фенолів в стічній воді 0,1–1,0 мг/л, то таку воду розбавляють дистильованою водою в 10 раз;
- б) якщо вміст фенолів менше 0,01 мг/л, стічну воду аналізують без розбавлення.

Перед визначенням відганяють одноатомні феноли з водяною парою з проби води і усувають вплив заважаючих аналізу речовин: сірководню, сульфідів натрію та амонію, а також багатоатомних фенолів. Відгон збирають в конічну колбу об'ємом 200-250 мл, в якій об'єм 150 мл відмічено рискою. Для попередження втрати фенолів при перегонці нижній кінець холодильника трохи занурюють в колбу-приймач, куди попередньо налито 30 мл дистильованої води.

В перегонну колбу об'ємом 500 мл наливають 150 мл розбавленої чи нерозбавленої досліджуваної води та по 5 мл 10%-них розчинів сульфату міді (для зв'язування сульфідів) і фосфорної кислоти. Після перемішування вмісту колби встановлюють її в прилад і ведуть перегонку в конічну колбу до одержання 150 мл відгону.

З конічної колби беруть піпеткою на аналіз в склянку 100 мл дистилату, а 50 мл залишають для повторного визначення. В склянку з дистилатом наливають 2 мл 5%-ного розчину натрію карбонату і перемішують. Потім в цей розчин додають 4 мл розчину хлориду *n*-нітродіазобензолу і знову ретельно перемішують. Через 15 хвилин вимірюють оптичну густину розчину. Користуючись калібрувальним графіком, побудованим згідно результатів, занесених в таблицю, знаходять вміст фенолу, що відповідає знайденому значенню оптичної густини.

5.2.5. Обробка результатів вимірювання.

Вміст летких фенолів X (в мг/л) розраховують за формулою:

$$X = C \cdot P \cdot V_1 / V_2,$$

де C – концентрація фенолу, знайдена за калібрувальним графіком, мг/л;

P – число розведення взятої для аналізу проби води;

V_1 – об'єм одержаного дистилату, мл;

V_2 – об'єм дистилату, взятого для аналізу, мл.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Загальна характеристика фотоколориметричного методу аналізу.
2. Який оптичний закон лежить в основі фотометричних методів аналізу?

3. Суть фотоколориметричного визначення фенолів у стічних водах.
4. Вплив фенолів на навколишнє середовище.

ЛІТЕРАТУРА

1. Барковский В.Ф., Горелик С.М., Городенцева Т.Б. Физико – химические методы анализа. - М., 1972.
2. Алесковский В.Р., Бардин В.В. Физико-химические методы анализа. Практическое руководство. - Л., Химия. 1988.
3. Петрухин О. М. Практикум по физико – химическим методам анализа. - М., Химия. 1987.
4. Сборник методик по определению концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах.-Л.: Гидрометеоздат, 1987.
5. Унифицированные методы анализа вод. Под ред. Ю.Ю.Лурье - 2-е изд., испр.- М., "Химия", 1973 - 376 с.- С.325-327.
6. Лурье Ю.Ю., Рыбникова А.И. Химический анализ производственных сточных вод.- Изд. "Химия", 1966.- с.231.
7. Кульский Л.А., Горонковский И.Т.Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды.- Киев: Наукова думка, 1980.

