

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХІМІЇ ТА ЕКОЛОГІЇ
Кафедра екології та охорони навколишнього середовища

Сухарев С.М., Глух О.С., Роман Л.Ю., Сухарева О.Ю.

Методичні вказівки
до лабораторного практикуму з навчальної дисципліни
«ТЕХНОЕКОЛОГІЯ»

для студентів III курсу спеціальності 101 – Екологія

Ужгород – 2022

Методичні вказівки призначені для підготовки студентів до лабораторних занять з курсу «Техноекологія» і містять опис лабораторних робіт, які спрямовані на вдосконалення практичних навиків контролю у системі очистки промислових викидів і скидів. Методичні вказівки розроблено у відповідності з робочою програмою навчальної дисципліни «Техноекологія» і включають перелік питань для підготовки до колоквиумів.

Рекомендовано до друку Вченою радою навчально-наукового інституту хімії та екології та кафедрою екології та охорони навколишнього середовища

Автори:

Сухарев Сергій Миколайович, д.х.н., проф., завідувач кафедри екології та охорони навколишнього середовища ННІХЕ ДВНЗ «УжНУ»;

Глух Олег Станіславович, к.х.н., доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища ННІХЕ ДВНЗ «УжНУ»;

Роман Людмила Юріївна, к.х.н., доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища ННІХЕ ДВНЗ «УжНУ»;

Сухарева Оксана Юріївна, к.х.н., доц., доцент кафедри аналітичної хімії ННІХЕ ДВНЗ «УжНУ».

Рецензенти:

Барчій Ігор Євгенович, д.х.н., проф., завідувач кафедри неорганічної хімії ННІХЕ ДВНЗ «УжНУ»;

Онисько Михайло Юрійович, д.х.н., доц., завідувач кафедри органічної хімії ННІХЕ ДВНЗ «УжНУ».

Сухарев С.М., Глух О.С., Роман Л.Ю., Сухарева О.Ю. Методичні вказівки до лабораторного практикуму з навчальної дисципліни «Техноекологія» для студентів III курсу спеціальності 101 Екологія. – Ужгород: Вид-во УжНУ «Говерла», 2022. – 62 с. Наклад 50 примірників.

ЗМІСТ**Лабораторна робота № 1**

Контроль стану повітря. Визначення запиленості повітря гравіметричним методом 5

Лабораторна робота № 2

Контроль стану повітря. Визначення діоксиду сульфуру у повітрі промислової зони 7

Лабораторна робота № 3

Контроль стану повітря. Визначення оксидів нітрогену у повітрі промислової зони 10

Лабораторна робота № 4

Контроль стану повітря. Визначення парів ртуті у повітрі промислової зони 13

Лабораторна робота № 5

Контроль стану повітря. Визначення сполук плюмбуму у повітрі промислової зони 16

Лабораторна робота № 6

Контроль стану повітря. Визначення рівня забруднення довкілля пилом за його накопиченням на листових пластинках рослин 19

Лабораторна робота № 7

Визначення стану довкілля за комплексом морфологічних ознак (хвої, пагонів) у хвойних порід рослин 22

Лабораторна робота № 8

Контроль якості вод. Визначення аніоноактивних СПАР у стічних водах 26

Лабораторна робота № 9	
Контроль якості вод. Визначення хімічного споживання кисню у стічній воді арбітражним методом	29
Лабораторна робота № 10	
Контроль якості вод. Визначення вмісту солей цинку у стічних водах гальванічних виробництв трилонометричним методом	34
Лабораторна робота № 11	
Контроль якості вод. Визначення індексу активного мулу	36
Лабораторна робота № 12	
Контроль якості вод. Визначення вмісту сульфідів і сірководню у водах	38
Лабораторна робота № 13	
Контроль якості вод. Визначення вмісту молібдену у природних водах	41
Лабораторна робота № 14	
Контроль стану земель. Визначення кислотності ґрунтів потенціометричним методом	44
Лабораторна робота № 15	
Контроль стану земель. Визначення зменшення вмісту гумусу у ґрунті внаслідок спалювання сухої рослинності	46
Перелік питань для підготовки до колоквиумів	49
Рекомендована література	37

Лабораторна робота № 1

Контроль стану повітря. Визначення запиленості повітря гравіметричним методом

Хімічно інертні речовини, такі як нетоксична пил, при потраплянні в атмосферне повітря можуть викликати різні захворювання людини (екземи, алергія тощо). ГДК нетоксичного пилу в повітрі населених міст відповідно складає $\text{ГДК}_{\text{МР}} = 0,5 \text{ мг/м}^3$, $\text{ГДК}_{\text{СД}} = 0,15 \text{ мг/м}^3$.

Для визначення пилу в атмосферному повітрі використовують ваговий метод, сутність якого полягає в аспірації досліджуваного повітря через щільний фільтр та зважуванні кількості затриманого на фільтрі нетоксичного пилу.

Методика визначення пилу. Паперовий фільтр (висушений до постійної ваги при 105°C) зважують на аналітичних терезах з точністю $\pm 0,0001 \text{ г}$ закріплюють в патрон та, за допомогою гумової трубки, приєднують до входу аспіратору. Аспірацію повітря проводять протягом 50-60 хвилин, встановивши на ротаметрі аспіратора витрату повітря $4 \text{ дм}^3/\text{хв}$. Після цього вимикають аспіратор і звільнений фільтр (висушений до постійної ваги при 105°C) зважують на аналітичних терезах.

Вагу затриманого пилу (мг) розраховують за формулою:

$$m = m_1 - m_0, \text{ де:}$$

m – вага вловленого пилу, мг;

m_1 – вага фільтру після відбору проби повітря, мг;

m_0 – вага фільтру до відбору проби, мг.

Концентрацію пилу C (мг/м^3) обчислюють за формулою:

$$C = \frac{m}{V \times k}, \text{ де:}$$

V – об'єм проби повітря, м^3 ;

k – коефіцієнт приведення повітря до нормальних умов (0°C, 101080 Па), який враховує барометричний тиск та температуру (табличне значення). При $P = 745$ мм рт.ст., $k = 0,91$.

Добуток $[V \times k]$ позначають V_0 (об'єм, приведений до нормальних умов) і його значення розраховують за формулою:

$$V_0 = \frac{273 \times P \times V}{(273 + t) \times 101080}, \text{ де:}$$

P – атмосферний тиск при відборі проби повітря, Па;

t – температура повітря в місці відбору проби, °С.

Розраховане значення порівнюють із значеннями ГДК.

Лабораторна робота № 2

Контроль стану повітря. Визначення діоксиду сульфуру у повітрі промислової зони

Діоксид сульфуру (SO_2) – безбарвний газ з різким запахом, важчий за повітря, не горить і не підтримує горіння. Наявність діоксиду сульфуру в атмосферному повітрі надає негативного впливу як на здоров'я людини, так і на екологічну ситуацію в цілому. Так, при потраплянні SO_2 в атмосферу, під дією ультрафіолету та наявних в атмосфері оксидів нітрогену, він окислюється до сульфатного ангідриду (SO_3). Сульфатний ангідрид при взаємодії з парами води, які містяться в атмосфері, утворює сульфатну кислоту. Сульфатна кислота є основною складовою так званих «кислотних дощів», які вкрай негативно впливають на навколишнє середовище.

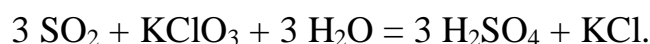
За рахунок високої токсичності діоксиду сульфуру встановлені такі нормативи: $\text{ГДК}_{\text{МР}} = 0,5 \text{ мг/м}^3$, $\text{ГДК}_{\text{СД}} = 0,05 \text{ мг/м}^3$.

Методика визначення діоксиду сульфуру.

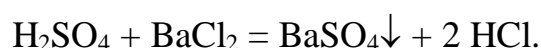
1. Сутність методу.

Метод базується на окисненні діоксиду сульфуру до триоксиду сульфуру (з утворенням сульфатної кислоти) при аспірації повітря через поглинальний розчин (розчин хлорату калію) з наступним турбідиметричним визначенням утворених сульфат-іонів з хлоридом барію.

При аспірації повітря через поглинальний розчин проходить наступна реакція:



При взаємодії сульфатної кислоти з хлоридом барію проходить реакція:



При стандартному об'ємі проби повітря, який складає 80 дм^3 , діапазон вимірювання концентрацій діоксиду сульфуру $0,08\text{--}1,50 \text{ мг/м}^3$. Для

збільшення чутливості визначення діоксиду сульфуру можна збільшити об'ємі проби повітря.

2. Приготування реагентів.

Поглинальний розчин готують шляхом розчинення 40,0 г хлорату калію (KClO_3), зваженого з похибкою $\pm 0,1$ г, в 1 дм^3 дистильованої води.

Приготування вихідного стандартного розчину сульфат-іону, концентрацією 1000 мкг/см^3 , проводять наступним чином: 0,2720 г попередньо просушеного сульфату калію, зваженого з похибкою $\pm 0,0001$ г, розчиняють в 100 см^3 дистильованої води.

Одержання робочого стандартного розчину сульфат-іону, концентрацією 100 мкг/см^3 , проводять відповідним розведенням основного стандартного розчину дистильованою водою.

Розчин хлориду барію готують шляхом розчинення 3,0 г хлориду барію, зваженого з похибкою $\pm 0,1$ г, в 100 см^3 дистильованої води.

3. Підготовка та проведення аналізу.

80 дм^3 повітря аспірують із швидкістю 4 $\text{дм}^3/\text{хв}$ через поглинювальний прилад, який містить 10,0 см^3 поглинювального розчину. Аліквоту об'ємом 5,0 см^3 переносять в пробірку, додають 1,0 см^3 розчину хлориду барію та струшують пробірку. Через 15 хвилин, пробірку знову струшують та вимірюють оптичну густину розчину при $\lambda = 400$ нм в кюветах товщиною поглинаючого шару 1,0 см відносно дистильованої води. Концентрацію сульфат-іонів знаходять за градувальним графіком.

Побудування градувального графіку. В мірні колби на 100 см^3 додають відповідно 1,0; 2,0; 4,0; 8,0; 12,0; 16,0 та 20,0 см^3 робочого стандартного розчину сульфат-іону та доводять до мітки дистильованою водою. При цьому отримують стандартні розчини, концентрація сульфат-іонів у 5,0 см^3 яких відповідає вмісту діоксиду сульфуру відповідно 5,0; 10,0; 20,0; 40,0; 60,0; 80,0 та 100,0 мкг .

По 5,0 см³ одержаних стандартних розчинів переносять в пробірку, додають 1,0 см³ розчину хлориду барію та далі роблять як описано вище. За результатами вимірювань будують градуовальний графік в координатах – концентрація SO₂ (мкг) – оптична густина.

4. Проведення розрахунків.

Концентрацію діоксиду сульфуру C (мг/м³) у повітрі розраховують за формулою:

$$C = \frac{V_1 \times a}{V_0 \times V_2}, \text{ де:}$$

a – кількість діоксиду сульфуру, яка знайдена за градуовальним графіком, мкг;

V_1 – загальний об'єм поглинювального розчину, см³;

V_2 – об'єм аліквоти, який взятий для аналізу, см³;

V_0 – об'єм проби повітря, приведений до нормальних умов, дм³.

Методика проведення розрахунку показана у лабораторній роботі № 1.

Лабораторна робота № 3

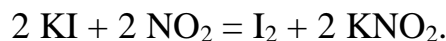
Контроль стану повітря. Визначення оксидів нітрогену у повітрі промислової зони

Оксиди нітрогену (N_xO_y) є одними з основних забруднювальних атмосферу речовин. Найбільш стійким оксидом нітрогену в атмосфері є діоксид нітрогену (NO_2 , N_2O_4), в який переходять всі інші оксиди нітрогену. Тому ГДК встановлені для суми всіх оксидів нітрогену в перерахунку на NO_2 . ГДК оксидів нітрогену в повітрі населених пунктів складає $ГДК_{MP} = 0,085$ $мг/м^3$, $ГДК_{СД} = 0,04$ $мг/м^3$.

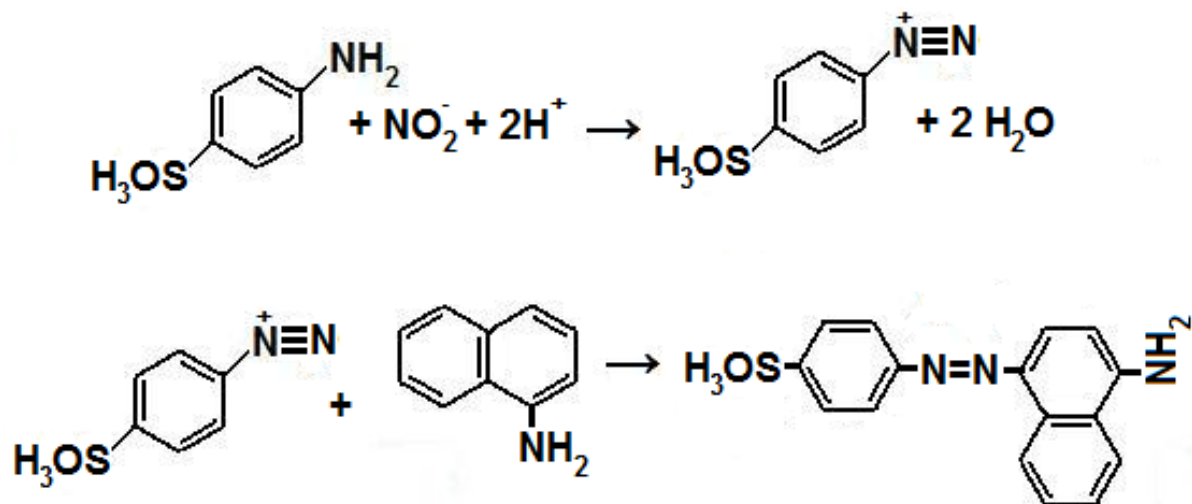
Методика визначення діоксиду нітрогену.

1. Сутність методу.

Діоксид нітрогену переводять в нітрит-іони шляхом аспірації повітря через поглинальний розчин, який містить розчин йодиду калію. При цьому проходить наступна реакція:



Кількість утворених нітрит-іонів, яка пропорційна кількості поглинутого діоксиду нітрогену, визначають спектрофотометрично за реакцією утворення азобарвника з реактивом Грісса. При цьому проходять такі реакції:



2. Приготування розчинів.

Приготування основного стандартного розчину нітриту.

1,497 г нітриту натрію NaNO_2 , зваженого з похибкою не більше 0,0005 г, розчиняють в мірній колбі об'ємом $1,0 \text{ дм}^3$ в невеликій кількості дистильованої води і доводять водою до мітки. В $1,0 \text{ см}^3$ розчину міститься 1,0 мг нітритів. Розчин консервують додаванням $1,0 \text{ см}^3$ хлороформу та зберігають в склянці з темного скла протягом кількох місяців, якщо відсутнє помутніння чи випадіння осаду.

Приготування робочого стандартного розчину нітриту.

$1,0 \text{ см}^3$ основного стандартного розчину переносять в мірну колбу об'ємом $1,0 \text{ дм}^3$ і доводять до мітки дистильованою водою. В $1,0 \text{ см}^3$ цього розчину міститься 0,001 мг нітритів. Розчин використовують свіже-приготовлений.

Приготування реактиву Грісса, розчину в оцтовій кислоті.

10,0 г сухого реактиву Грісса, зваженого з похибкою $\pm 0,1$ г, розчиняють в 100 см^3 12,5%-го розчину оцтової кислоти.

Приготування оцтової кислоти, 12,5%-ого розчину.

25 см^3 «льодяної» оцтової кислоти розбавляють дистильованою водою до об'єму 200 см^3 .

Приготування поглинального розчину.

8,0 г йодиду калію, зваженого з похибкою $\pm 0,1$ г, розчиняють в 100 см^3 дистильованої води.

Приготування розчину сульфату натрію (для знебарвлення йоду).

0,1 г безводного сульфату натрію, зваженого з похибкою $\pm 0,1$ г, розчиняють в 100 см^3 дистильованої води.

3. Підготовка та проведення аналізу.

2-3 дм^3 повітря аспірують із швидкістю $5 \text{ дм}^3/\text{год}$. крізь два послідовно з'єднані поглинювальні прилади, які містять по $10,0 \text{ см}^3$ поглинювального

розчину. Для аналізу відбирають аліквоту, об'ємом $5,0 \text{ см}^3$, з кожного поглинювального приладу, переносять в мірну колбу на $50,0 \text{ см}^3$ і до мітки доводять дистильованою водою. Додають $2,0 \text{ см}^3$ розчину реактиву Грісса та перемішують. Через 40 хвилин вимірюють оптичну густину розчину при довжині хвилі 520 нм по відношенню до розчину порівняння (дистильована вода з додаванням розчину реактиву Грісса).

Перед вимірюванням оптичної густини розчинів додають по $0,5 \text{ см}^3$ розчину сульфату натрію для відновлення йоду.

Масову концентрацію нітрит-іонів знаходять за градуювальним графіком. Результати аналізу двох поглинальних розчинів сумують.

Побудова градуювального графіка.

В мірні колби об'ємом 50 см^3 додають $0, 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10,0; 15,0 \text{ см}^3$ робочого стандартного розчину нітриту натрію і доводять об'єм до мітки дистильованою водою. Одержують розчини з вмістом $0; 0,01; 0,02; 0,04; 0,10; 0,20; 0,30 \text{ мг/дм}^3$ нітритів. Далі проводять аналіз як описано вище. За одержаними результатами будують градуювальний графік (в межах м.к. нітритів мг/дм^3 – оптична густина). Графік повинен бути прямолінійним.

4. Проведення розрахунків.

Концентрацію NO_2 в повітрі (С) виражають в мг/м^3 . Розрахунок проводять за формулою:

$$C = \frac{a \times 0,05 \times V_1 \times 1000}{V_2 \times V_0}, \text{ де:}$$

a – кількість NO_2^- , яка знайдена за градуювальним графіком, мг/дм^3 ;

$0,05$ – об'єм колби, дм^3 ;

V_1 – загальний об'єм поглинювального розчину, см^3 ;

V_2 – об'єм аліквоти, відібраної для аналізу, см^3 ;

V_0 – об'єм повітря, приведений до нормальних умов, м^3 . Методика проведення розрахунку показана лабораторній роботі № 1.

Лабораторна робота № 4

Контроль стану повітря. Визначення парів ртуті у повітрі промислової зони

Пари ртуті відрізняються високою токсичністю. В організм людини ртуть проникає через органи дихання. Пари ртуті всмоктуються в систему кровообігу, сорбуються білковими молекулами (особливо лейкоцитами), захисна функція яких при цьому знижується. Далі ртуть проникає в клітини.

Ртуть здатний акумулюватись в організмі людини, переважно в нирках, печінці, легенях, кістках, тощо. Ознакою інтоксикації меркурієм є – зниження кількості лейкоцитів в крові, підвищення реакції швидкості осадження еритроцитів, зниження працездатності, порушення сну, погіршення пам'яті, головні болі.

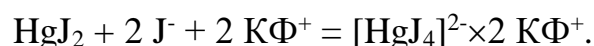
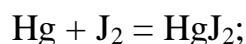
ГДК_{сд} ртуті в повітрі населених пунктів складає 0,0003 мг/м³. Санітарна зона навколо підприємств, які використовують ртуть – до 1 км. ГДК парів ртуті в повітрі виробничих приміщень – 0,01 мг/м³.

Методика визначення парів ртуті у повітрі.

1. Сутність методу.

Визначення базується на поглинанні парів ртуті розчином йоду в йодиді калію, наступною взаємодією його з трифенілметановим барвником кристалічним фіолетовим (КФ) та спектрофотометруванні забарвленого в синій колір комплексу.

При визначенні меркурію проходять такі реакції:



Відбір проб проводять з концентруванням в поглинальний розчин. Нижня межа визначуваних вмістів парів ртуті в досліджуваному об'єму проби – 0,1 мкг.

Нижня межа визначуваних вмістів парів ртуті в повітрі – 0,005 мг/м³ (при відборі 50 дм³ повітря). Діапазон вимірювання концентрацій Hg – 0,005-0,50 мг/м³. Межа сумарної похибки визначення ртуті в повітрі ≤ 25%.

2. Приготування розчинів.

Основний стандартний розчин з вмістом 0,1 мг ртуті в 1,0 см³ розчину готують розчиненням 0,0135 г хлориду ртуті(II), зваженого з похибкою ±0,0001 г, в поглинальному розчині в колбі, об'ємом 100 см³.

Розчин зберігають протягом 6 місяців.

Робочий стандартний розчин з вмістом ртуті 10 мкг/см³ готують відповідним розведенням основного стандартного розчину поглинальним розчином.

Поглиналий розчин готують шляхом розчинення 2,5 г кристалічного (перегінного) йоду в 1,0 дм³ 3%-вого розчину йодиду калію.

Розчин кристалічного фіолетового готують розчиненням 0,03 г реагенту в 100 см³ дистильованої води.

Розчин сульфату натрію (2,5 моль/дм³) готують шляхом розчинення 25,8 г безводного сульфату натрію в 100 см³ води.

Реактивний розчин готують змішуванням рівних об'ємів розчинів сульфату натрію та кристалічного фіолетового перед початком аналізу.

3. Підготовка та проведення аналізу.

50 дм³ повітря аспірують із швидкістю 2 дм³/хв. крізь два послідовно з'єднаних прилади, які містять по 5,0 см³ поглинального розчину. Із кожного поглинального приладу в пробірки відбирають по 2,0 см³ проби, додають по 1,0 см³ реактивного розчину та через 10 хвилин вимірюють оптичну густину розчинів при довжині хвилі 560 нм в кюветах товщиною шару 0,5 см.

Вміст ртуті в аналізуємії пробі визначають за попередньо побудованому градууювальному графіку в аналогічних умовах. Для побудови градууювального графіку готують шкалу стандартів згідно таблиці.

Шкала стандартів

№ з/п	Об'єми розчинів			Вміст Hg, мкг
	Станд. розчин ртуті, см ³	Поглиняльний розчин, см ³	Реактивний розчин, см ³	
1	0,00	2,00	1,0	0,0
2	0,01	1,99	1,0	0,1
3	0,03	1,97	1,0	0,3
4	0,05	1,95	1,0	0,5
5	0,10	1,90	1,0	1,0
6	0,30	1,70	1,0	3,0
7	0,50	1,50	1,0	5,0

4. Проведення розрахунків.

Концентрацію парів ртуті в мг/м³ у повітрі (С) розраховують за формулою:

$$C = \frac{a \times V_1}{V_2 \times V_0}, \text{ де:}$$

a – кількість ртуті, яка знайдена в аналізованій пробі, мкг;

V_1 – загальний об'єм поглиняльного розчину, см³;

V_2 – об'єм проби, взятої для аналізу (аліквоти), см³;

V_0 – об'єм повітря, відібраний для аналізу та приведений до нормальних умов, дм³. Методика проведення розрахунку показана лабораторній роботі № 1.

Лабораторна робота № 5

Контроль стану повітря. Визначення сполук п्लомбуму у повітрі промислової зони

Свинець та його сполуки (оксиди, сульфати, нітрати, хлориди, карбонати) широко застосовуються в металургійній, металообробній, машинобудівній, хімічній промисловості та інших галузях народного господарства. Сполуки п्लомбуму використовують для виробництва свинцевих білил, керамічних фарб, кабелів, акумуляторів, пластмас, скла, піротехнічних засобів. Донедавна найбільшим джерелом сполук п्लомбуму в атмосферному повітрі були вихлопні гази двигунів внутрішнього згоряння, які викидали в повітря біля 260 тис. тон тетраетилсвинцю щорічно. Сполуки п्लомбуму, в т.ч. тетраетилсвинець, є надзвичайно токсичними, які уражують центральну і периферичну нервову систему, кістковий мозок, серцево-судинну систему, порушують синтез білку та склад крові, мають негативний вплив на генетичний апарат, ембріотоксичну дію. Граничнодопустима концентрація тетраетилсвинцю в повітрі робочої зони становить 0,005 мг/м³. Граничнодопустима концентрація неорганічних сполук п्लомбуму в повітрі населених пунктів (ГДК_{СД}) становить 0,0003 мг/м³.

1. Сутність методу.

1. Метод базується на спектрофотометричному визначенні забарвлених розчинів, що утворюються при взаємодії іонів п्लомбуму з ксиленоловим помаранчевим.

2. Чутливість визначення становить 1 мкг в аналізованому об'ємі розчину.

3. Визначенню не заважають залізо, алюміній, вугільний пил, силікатний пил, що містить алюміній і залізо, кварц, олово і сурму.

4. Гранично допустима концентрація сполук п्लомбуму (у перерахунку на свинець) в повітрі робочої зони – 0,01 мг/м³.

2. Приготування розчинів.

Основний стандартний розчин, що містить 100 мкг/см^3 свинцю, готують розчиненням $0,0183 \text{ г Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ в ацетатному буфері з $\text{pH}=6$ у мірній колбі на 100 см^3 і доводять до мітки ацетатним буферним розчином, термін придатності 1 місяць.

Робочий стандартний розчин з вмістом $\text{Pb } 10 \text{ мкг/см}^3$, готують перед використанням відповідним розбавленням основного стандартного розчину ацетатним буфером.

Буферна суміш $\text{pH}=5,8-6,0$: водний розчин ацетату натрію $0,2 \text{ моль/дм}^3 - 9 \text{ см}^3$, розчин оцтова кислота $0,2 \text{ моль/дм}^3 - 6 \text{ см}^3$.

Ксиленоловий оранжевий, індикатор, ч.д.а. $0,01\%$ розчин (вихідний 100 мг/100 см^3). Термін придатності 7 днів, зберігають в закритій склянці.

Робочий розчин ксиленолового оранжевого готується розведенням основного (вихідного) в 10 разів перед проведенням аналізу.

3. Підготовка та проведення аналізу.

Відбір проби повітря.

Повітря із швидкістю $20 \text{ дм}^3/\text{хв}$ аспірують через фільтр АФА-ВП-20, закріплений у патрон. Для аналізу необхідно відібрати біля 300 дм^3 повітря.

Фільтр з пробою переносять в розгорнутому стані на лійку діаметром 7 см і обробляють пробу 5 см^3 льодяної оцтової кислоти. При цьому відбувається розчинення осаду з одночасною фільтрацією через той же фільтр. Фільтр промивають 5 см^3 дистильованої води, фільтрат збирають в термостійку хімічну склянку місткістю $40-50 \text{ см}^3$ і випаровують на пісочній бані при температурі $160-190^\circ\text{C}$ до сухого залишку. Сухий залишок розчиняють в 4 см^3 ацетатного буфера, додають 1 см^3 робочого розчину ксиленолового помаранчевого і через 10 хвилин вимірюють оптичну густину розчинів при довжині хвилі 536 нм в кюветі з товщиною шару 10 мм .

Для кількісного визначення будують градувальний графік залежності оптичної густини шкали стандартів від концентрації свинцю в розчині.

Шкала стандартів

Номер стандарту	Вміст Pb, мкг	Об'єми розчинів		
		Робочий розчин Pb, см ³	Ацетатний буфер, см ³	Ксиленоловий оранжевий, см ³
1	0	0	4,0	1,0
2	1	0,1	3,9	1,0
3	2	0,2	3,8	1,0
4	5	0,5	3,5	1,0
5	10	1,0	3,0	1,0
6	15	1,5	2,5	1,0

Вміст Pb в мг/м³ у повітрі X обчислюють за формулою:

$$X = \frac{G \times V_1}{V \times V_{20}}$$

де G – кількість свинцю, знайдена в аналізованому об'ємі, мкг;

V – об'єм проби, взятий для аналізу (аліквота), см³;

V_1 – загальний об'єм проби, см³;

V_{20} – об'єм повітря, дм³, відібраний для аналізу і приведений до стандартних умов. Методика проведення розрахунку показана лабораторній роботі № 1.

Лабораторна робота №6

Контроль стану повітря. Визначення рівня забруднення довкілля пилом за його накопиченням на листкових пластинках рослин

В умовах міст та інших обжитих територій однією із домінуючих забруднювальних повітря речовин є пил, який переноситься на значні відстані при обробці ґрунтів, при викидах від цементних і керамічних заводів, підприємств з виробництва силікатної цегли, а також від автотранспорту. Пил, переважно, є дрібними частинками ґрунту і різних солей, продуктів зношування шин і подрібнення асфальтового покриття. Всі ці частинки, які складають пил, осідають на листках рослин, вдихуються людиною, викликаючи порушення роботи дихальних шляхів, силікози, які провокують кашель і сльози, а також зумовлюють інші патології. Найбільша кількість пилу, який осідає на поверхні листків, спостерігається в різних видів тополі, які широко використовуються для озеленення населених пунктів. Широке застосування тополі та липи при озелененні міст зумовлено тим, що ці породи дерев є стійкими до дії ряду забруднювальних речовин і при цьому здатні трансформувати токсичні забруднювальні речовини у малотоксичні сполуки.

Матеріали та обладнання: ваги; термостат; калька; вата; пінцети; фільтрувальний папір; лінійки; карта частини міста; садовий секатор на збірній штанзі; мікроскоп.

Хід роботи.

I. Листки одного виду тополі, найбільш поширеного в місті (тополі чорної (*Populus nigra L.*) або тополі бальзамічної (*Populus balsamifera L.*) відбирають на попередньо відмічених по карті місцях з висоти 1,5-2 м (висота шару повітря, яке вдихає людина) в 10-15-кратній повторюваності. Для цього використовують садовий секатор на збірній штанзі. Одночасно відбирають листки тополі, які проростають у відносно чистій зоні (контроль) міста.

Листки поміщують у пакети з кальки і обережно доставляють в лабораторію, уникаючи струшування з листків пилу.

У лабораторних умовах на вазі або на аналітичних терезах зважують шматочок вологої вати, загорнутої в кальку (до 0,001 г). Листок тополі добре обтирають цією ваткою з обох боків (кальку розгортають за допомогою пінцета), після чого вату зважують в кальці повторно. Масу пилу (P) розрахуйте як різницю між другим і першим зважуванням:

$$(P = P_2 - P_1).$$

Площу листка вираховують шляхом обмірювання листових пластинок вздовж (a) і впоперек (b), і помножите на поправочний коефіцієнт (K):

$$S = a \times b \times K.$$

Поправочний коефіцієнт коливається для різних видів тополь від 0,60 до 0,66. Встановлення поправочного коефіцієнту базується на порівнянні маси квадрата паперу з масою листка, який має таку саму довжину і ширину. Для цього візьміть папір (краще в клітинку), обкресліть квадрат, що дорівнює довжині та ширині листка, а потім ретельно обмалюйте його контур. Обчисліть площу квадрата паперу, виріжте і зважте його, потім виріжте контур листка і також зважте.

З одержаних даних обчисліть перевідний коефіцієнт за формулами:

$$K = \frac{S_{\text{Л}}}{S_{\text{КП}}}; \quad S_{\text{Л}} = \frac{P_{\text{Л}} \cdot S_{\text{КП}}}{P_{\text{КП}}}$$

де K – поправочний коефіцієнт;

S – площа листка (Л), або квадрата паперу (КП);

P – маса квадрата паперу (КП) або листка (Л).

Обчислення коефіцієнту проведіть на основі вимірювання 7-8 листків для кожного виду рослин.

Кінцевий результат виглядає так:

$$m = \frac{P}{S}, \quad \text{мг/см}^2,$$

m – маса пилу на 1 см^2 листка.

II. Фільтрувальний папір добре змочіть водою до стікання. Помістіть на нього листок верхньою поверхнею, а потім поряд – нижньою і прикрийте листком кальки або плівки. На фільтрі отримаєте відбиток, який оцінюють візуально за ступенем забруднення (суцільне 100%, наполовину – 50%).

Для цієї ж мети можна використовувати клейку плівку типу «скотч», яку накладають на листок рослини, знімають і приклеюють до білого аркуша паперу.

III. Зважують випарювальну керамічну чашку, наливають в неї дистильовану воду. Пил змивають з 30-50 листків добре змоченим пензликком у випарювальну чашку, після чого споліскують пензлик у цій воді. Воду випарюють, чашку з пилом висушують у сушильній шафі при температурі біля 105°C до постійної ваги, а потім зважують. Вирахують різницю у вазі чашок у кінці та на початку досліду. Кількість пилу розрахуйте в мг на см² листка.

Отримані дані занесіть у таблицю.

Схема запису результатів дослідження

Місце відбору	Площа листків тополі, см ²	Кількість	
		мг/см ²	% від контролю

Лабораторна робота №7

Визначення стану довкілля за комплексом морфологічних ознак (хвої, пагонів) у хвойних порід рослин

Відомо, що на забруднення середовища найбільш сильно реагують хвойні деревні рослини. Характерними ознаками неблагополуччя довкілля, і особливо газового складу повітря, слугує поява різного роду хлорозів і некрозів, зменшення розмірів ряду органів (довжини хвої, пагонів поточного року і минулих років, їх товщини, розміру шишок, скорочення величини та кількості закладених бруньок), зменшення галуження. Через менший ріст пагонів і хвої в довжину в забрудненій зоні спостерігається зближення відстані між хвоїнками (їх на пагоні більше, ніж у чистій зоні). Спостерігається потовщення самої хвої, зменшується тривалість її життя (1-3 роки в забрудненій зоні і 6-7 років – у чистій). Вплив забруднення викликає також стерильність насіння (зменшення його схожості). Всі ці ознаки не специфічні, але в сукупності дають доволі об'єктивну картину.

Хвойні рослини зручні тим, що можуть слугувати біоіндикаторами цілий рік. У лісознавстві давно розроблена оцінка стану довкілля за комплексом ознак у хвойних рослин, при якій використовуються не тільки досить мінливі морфологічні ознаки, але і ряд біохімічних змін.

Використання хвойних рослин дає можливість проводити біоіндикацію на великих територіях. Хвойні – основні індикатори, які застосовувались для оцінки стану лісів Європи. Їх використання також досить інформативне на малих територіях (наприклад, вплив автодороги на прилеглу зону, якщо вона прилягає до хвойного лісу; стан навколишнього середовища в міських екосистемах різного рангу і характеру).

Матеріали та обладнання: ваги технічні; лінійки; вимірювальні й прості лупи зі збільшенням в 4-10 разів; міліметровий папір; термостат; гілки одного виду хвойних рослин, які проростають у міських посадках або в зоні впливу

металургійних підприємств, ТЕС тощо; гілки, взяті у відносно чистій зоні позаміських територій.

Хід роботи.

За завданням викладача, за тиждень до занять, зріжте гілки умовно одновікових хвойних дерев, найбільш поширених у даній місцевості (наприклад, для міських умов – ялина європейська (*Picea abies* (L.) Karst) і ялина сиза (*Picea glauca* (Moench) Voss). Гілки зріжте на висоті 2 м із певної частини крони, повернутої до зон із забрудненим повітрям (поблизу автодоріг, підприємств, особливо з викидами у повітря оксиду сульфуру (IV), на який хвойні рослини швидко реагують). Контролем слугують гілки з умовно одновікових дерев, зібраних у чистій зоні заповідника, зеленій зоні міста або в посадках лісових культур.

Вивчення хвої.

Хвою розгляньте за допомогою лупи, замалуйте виявлені хлорози та некрози кінчиків хвоїнок і всієї поверхні, їх відсоток і характер (точки, крапчастість, плямистість, мозаїчність). Найчастіше пошкоджуються дуже чутливі молоді голки. Колір пошкодження може бути дуже різним: червонувато-бурим, жовто-коричневим, бурувато-сизим. Ці відтінки є інформативними якісними ознаками.

Виміряйте довжину хвої на пагоні минулого року, а також її ширину (всередині хвоїнки) за допомогою вимірювальної лупи. Використовуйте міліметровий папір, встановіть ціну поділки лупи. Повторність 10-20-кратна, оскільки біометричні ознаки доволі мінливі.

Встановіть тривалість життя хвої шляхом огляду пагонів із хвоєю по мутовках (див. рис.).

Обчисліть масу 1000 штук абсолютно сухих хвоїнок. Для цього відрахуйте 2 рази по 500 штук хвоїнок, висушіть їх у термостаті (при 100°C) до абсолютно-сухого стану і зважте.

Зближення хвоїнок. В результаті погіршення росту пагона в забрудненій зоні пучки хвоїнок є більш зближені і на 10 см пагона їх більше, ніж у чистій зоні. Якщо пагін менше 10 см, підрахунок проведіть по існуючій довжині та перерахуйте га 10 см. У всіх випадках вимірювань виведіть середнє. Дані занесіть у таблицю.

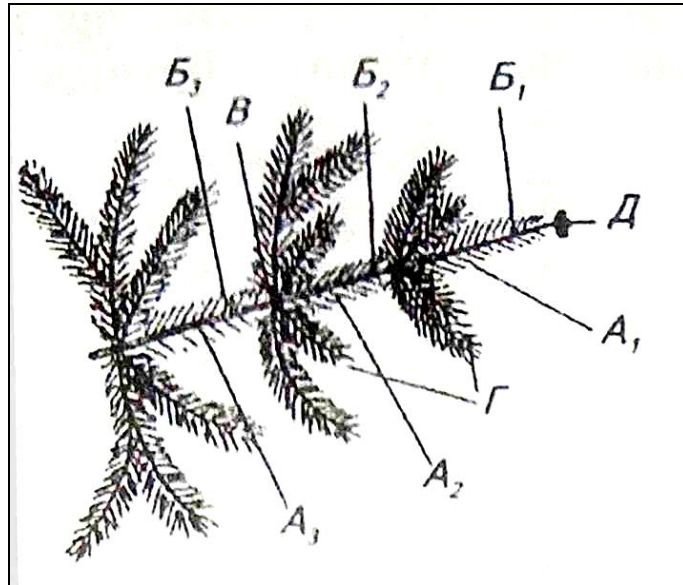


Рис. Частинки гілки хвойного дерева, що служать біоіндикаторами: A₁-A₃ – осьові пагони першого, другого та третього років; B₁-B₃ – хвоя першого, другого та третього років; B – кільце; Г – бокові пагони; Д – бруньки (за А.І. Федоровою, А.Н. Нікольською, 2001).

Дослідження пагонів.

Виміряйте довжину приросту кожного року, починаючи від останнього, рухаючись послідовно по міжвузлях від року до року.

- Встановіть товщину осьового пагона (на прикладі дворічного).
- В місцях кілець підрахуйте розгалуження, виведіть середнє.
- На пагонах установіть наявність некрозів (точкове чи іншої форми відмирання кори).

Лабораторна робота №8

Контроль якості вод. Визначення аніоноактивних ПАР у стічних водах

Метод базується на властивості аніоноактивних синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР) утворювати з метиленовим синім комплексні асоціати синього кольору, які розчинні у хлороформі. Власне метиленовий синій у хлороформі не розчиняється.

Визначенню заважають сульфіди, сульфіти та інші відновники, що відновлюють метиленовий синій. Їх вплив усувають попереднім окисненням пероксидом водню. Заважають також значні кількості хлоридів, нітратів, тіоціанатів та білків. Усунути заважаючий вплив цих речовин можна, екстрагуючи вказані асоціати хлороформом в лужному середовищі (рН=10), потім об'єднані хлороформні екстракти промивають підкисленим розчином метиленового синього.

1. Підготовка до аналізу та приготування розчинів.

1.1. Фосфатний буферний розчин.

Розчиняють 10,0 г (ч.д.а.) двозаміщеного фосфату натрію (безводного) в невеликій кількості дистильованої води, додають розчин гідроксиду натрію до рН=10, розводять дистильованою водою до об'єму 1 дм³ і перемішують.

1.2. Розчин метиленового синього.

Нейтральний розчин. Розчиняють 0,35 г метиленового синього у дистильованій воді і доводять об'єм розчину до 1 дм³.

Кислий розчин. Розчиняють 0,35 г метиленового синього в 500 см³ дистильованої води, додають 6,5 см³ концентрованої сульфатної кислоти (ч.д.а.) і розводять розчин дистильованою водою до 1 дм³.

1.3. Стандартний розчин СПАР.

Розчиняють 0,100 г СПАР (додецилсульфату натрію або додецилбензсульфонату натрію) у дистильованій воді і розводять розчин до

1 дм³. Відбирають 10,0 см³ цього розчину і розбавляють його дистильованою водою до 100 см³. В 1 см³ отриманого розчину міститься 0,01 мг СПАР.

Якщо невідомо, які саме аніоноактивні СПАР присутні в аналізованій воді, то замість цього розчину готують розчин речовини, умовно прийнятої за стандартну. Такою речовиною служить лаурілсульфат натрію C₁₂H₂₅OSO₃Na (інша назва додецилсульфату натрію). Обов'язково зазначають речовину, що була використана як стандарт.

2. Проведення аналізу.

Відбирають такий об'єм стічної води, щоб у ньому містилося від 20 до 200 мкг СПАР. Якщо у 100 см³ води присутньою є менше 20 мкг СПАР, відбирають відповідно більший її об'єм та випарюють до об'єму менше 100 см³. Відібрану порцію проби переносять у ділильну лійку на 200-250 см³, розводять (за необхідності) дистильованою водою до 100 см³, додають 10 см³ фосфатного буферного розчину, 5 см³ нейтрального розчину метиленового синього та 15 см³ хлороформу. Вміст лійки обережно струшують протягом однієї хвилини і дають відстоятися для розшарування фаз. Потім зливають шар хлороформу в іншу таку ж ділильну лійку, в яку попередньо додають 110 см³ дистильованої води та 5 см³ кислого розчину метиленового синього. Вміст другої лійки струшують так само, як і першої, дають фазам розшаруватися і зливають нижній хлороформний шар через маленьку лійку, в яку попередньо вміщують шматочок вати, змоченої хлороформом, у мірну колбу на 50 см³.

У першу лійку додають ще 10 см³ хлороформу і повторюють описані операції. Екстракцію проводять ще раз порцією хлороформу (10 та 5 см³). Всього у мірній колбі повинно зібратися біля 40 см³ хлороформних екстрактів. Доводять об'єм колби до мітки хлороформом та перемішують. Забарвлений хлороформний розчин переносять у кювету фотоелектро-колориметра з $\ell = 3$ см та вимірюють оптичну густину проти розчину контрольного досліду,

для якого беруть 100 см^3 дистильованої води. Вимірювання проводять при $\lambda = 650 \text{ нм}$.

3. Проведення розрахунків та побудова градуювального графіка.

Результат визначення знаходять за градуювальним графіком, для побудови якого відбирають порції $2,0$; $5,0$; $10,0$; $15,0$ та $30,0 \text{ см}^3$ стандартного розчину СПАР, розводять кожен порцію дистильованою водою до 100 см^3 і далі поступають, як вказано в п. 2. За одержаними значеннями оптичної густини екстрактів будують градуювальний графік. Метод є чутливим ($\varepsilon = 3,3 \times 10^4$).

Концентрацію (С) аніоноактивних СПАР в мг/дм^3 знаходять за формулою:

$$C = \frac{a \times V}{100}, \text{ де:}$$

a – концентрація СПАР знайдена за градуювальним графіком, мг/дм^3 ;

V – об'єм проби води, см^3 .

Забруднений метиленовим синім посуд промивають розведеною нітратною кислотою, а потім водою.

Лабораторна робота №9

Контроль якості вод. Визначення хімічного споживання кисню у стічній воді арбітражним методом

Теоретичним значенням хімічного споживання кисню (ХСК) називають кількість кисню (або окислювача в перерахунку на кисень) у мг/дм³, необхідну для повного окислення органічних речовин, що містяться у пробі, при якій хімічні елементи (окрім нітрогену), якщо вони присутні у органічній речовині, окислюються до CO₂, H₂O, SO₃, P₂O₅, а нітроген перетворюється в сіль амонію. При цьому кисень, який входив до складу окислювальних органічних речовин, бере участь в окисленні, а водень витрачається на утворення солей амонію.

Практично застосовувані методи визначення ХСК дають результати, які близькі до ХСК_{теор}, але вони можуть дещо відхилятися в той чи інший бік. Це зумовлено як утворюваними продуктами реакції, що можуть виділятися із реакційного середовища, так і окисленням неорганічних сполук, якщо такі присутні в пробі. Вміст неорганічних відновників у пробі визначають тоді окремо спеціальними методами, а результати цих досліджень віднімають від знайденого значення ХСК.

Теоретичне значення ХСК деяких органічних речовин наведено нижче:

Речовина	ХСК _{теор} (мг кисню на 1 мг речовини)
Етанол	2,09
Оцтова кислота	1,07
Масляна кислота	1,82
Щавлева кислота	0,18
Глюкоза	1,07
Сахароза	1,12
Бутанол	2,59

Фенол	2,30
HCN ($\text{HCN} + \text{H}_2\text{O} + \text{O} = \text{NH}_3 + \text{CO}_2$)	0,59
Гліцин ($\text{H}_2\text{NCH}_2\text{COOH} + 3 \text{O} = \text{NH}_3 + 2 \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$)	0,64
Додецилбензолсульфонат натрію	2,34

Для визначення ХСК існують «сухі» методи, в яких органічні речовини проби спалюють у струмені кисню або діоксиду карбону. Ці методи вимагають спеціальне обладнання, тому поширення набули «мокрі» методи з використанням перманганату та біхромату.

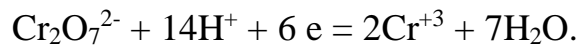
Метод перманганатного окислення, який застосовувався раніше, практично непридатний для аналізу стічних вод (для аналізу природних вод він ще використовується). Перманганат – недостатньо сильний окисник: окислення органічних речовин проходить не повністю й багато з них зовсім не окислюються. Крім того, при кип'ятінні розчинів, що містять надлишок перманганату, останній в значній мірі розкладається з утворенням MnO_2 і кисню. Введення поправки на контрольний дослід практично неможливе.

Арбітражний метод визначення ХСК – біхроматний. Аналізувати можна як попередньо профільтровану пробу води, так і пробу з осадом, в залежності від завдання. Якщо аналіз проби повинен показати ефективність застосовуваного методу очистки стічної води від органічних сполук (з наступним освітленням води у відстійниках не повинно враховуватись), то пробу води перед аналізом слід обов'язково фільтрувати. З іншого боку, якщо аналізується очищена стічна вода, яка пройшла через відстійник, безпосередньо перед її скиданням у природний водойм, то виникає необхідність аналізу разом з частинками осаду. В цьому випадку проба води повинна гомогенізуватись.

При фільтруванні проби через паперовий фільтр потрібно запобігти можливому впливу паперу фільтру. Фільтр попередньо треба промити гарячою водою і відкинути перші 200-250 см³ фільтрату. Не можна фільтрувати стічну воду, що містить леткі при фільтруванні речовини або речовини, які здатні окислюватись на повітрі. В таких випадках фільтрування замінюють тривалим відстоюванням стічної води, а для аналізу відбирають піпеткою верхній прозорий шар.

1. Сутність методу.

Органічні речовини окислюються біхроматом калію у 18 н (розведення 1:1) сульфатній кислоті. Біхромат при цьому відновлюється згідно рівняння:



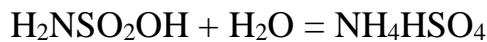
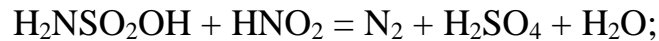
Окислення органічних речовин в таких умовах прискорюється і охоплює практично всі органічні речовини, якщо в реакційну суміш вводити каталізатор – сульфат аргентуму. Одержані результати за цим методом дають 95-98% від ХСК_{теор}. Втрата 2-5% пояснюється, головним чином, утворенням летких, стійких до окислення продуктів розкладу (СО, СН₄). З іншого боку, деякі нітрогенвмісні органічні сполуки утворюють при окисленні азот замість аміаку, що призводить до похибки з протилежним знаком.

Не окислюються піридин та його гомологи, пірол, піролідин, нікотинова кислота, толуен, бензен, інші ароматичні вуглеводні, парафін, нафталін.

Визначенню заважають хлориди (окислюються в процесі визначення до елементарного хлору), які маскують сульфатом меркурію(II) в кількості 22,2 мг на 1 мг хлорид-іонів. Вплив хлорид-іонів можна також врахувати (знаючи їх вміст) введенням поправки: на 1 мг хлорид-іонів витрачається 0,23 мг кисню.

Визначенню заважають також нітрит-іони, які часто містяться в стічних водах після біохімічної очистки. Їх знешкоджують введенням у колбу 10 мг сульфамінової кислоти на 3 мг нітрит-іонів. Під час кип'ятіння розчину

нітрит-іони видаляються у вигляді азоту, а надлишок сульфамінової кислоти переходить у сульфат амонію:



2. Підготовка до аналізу і приготування розчинів.

2.1. Приготування розчину N-фенілатранілової кислоти.

0,25 г кислоти, яка зважена з точністю до $\pm 0,01$ г, розчиняють у $12,0 \text{ см}^3$ $0,1 \text{ н}$ розчину гідроксиду натрію і доводять об'єм до $250,0 \text{ см}^3$.

2.2. Стандартний розчин біхромату калію, $0,25 \text{ н}$.

$12,258 \text{ г}$ біхромату калію попередньо висушеного при $105\text{-}110^\circ\text{C}$ до постійної ваги, зваженого з точністю до $\pm 0,001 \text{ г}$, розчиняють у дистильованій воді та об'єм розчину доводять до $1,0 \text{ дм}^3$.

2.3. Розчин солі Мора, $0,25 \text{ н}$.

Розчиняють $98,0 \text{ г}$ солі Мора $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \times \text{FeSO}_4 \times 12\text{H}_2\text{O}]$, зважену з точністю до $\pm 0,1 \text{ г}$, у дистильованій воді, додають $20,0 \text{ см}^3$ концентрованої сульфатної кислоти та доводять об'єм розчину до $1,0 \text{ дм}^3$ дистильованою водою.

Титр цього розчину встановлюють за стандартним розчином біхромату калію. Відбирають $25,0 \text{ см}^3$ стандартного розчину біхромату калію, розбавляють дистильованою водою до $250,0 \text{ см}^3$, додають $20,0 \text{ см}^3$ концентрованої сульфатної кислоти і дають охолонути. Після цього додають 5-10 крапель розчину N-фенілантранілової кислоти і титрують розчином солі Мора.

3. Проведення аналізу.

3.1. Відбирають такий об'єм аналізованої води, щоб на окислення витрачалось не більше $20,0 \text{ см}^3$ стандартного розчину біхромату калію й щоб у ній мітилось не більше 40 мг хлорид-іонів, розбавляють до $50,0 \text{ см}^3$ дистильованою водою, переносять у круглодонну колбу на $300,0 \text{ см}^3$. Додають $1,0 \text{ г}$ сульфату меркурію(II), $5,0 \text{ см}^3$ сульфатної кислоти, перемішують до

розчинення сульфату меркурію, потім приливають 25,0 см³ стандартного розчину біхромату калію, обережно малими порціями 70,0 см³ сульфатної кислоти, всипають 0,4-0,5 г сульфату аргентуму, кілька шматків фарфору, закривають колбу і з'єднують із зворотнім холодильником. Нагрівають колбу до небурхливого кипіння, яке підтримують протягом двох годин. Після цього, колбу охолоджують, обмивають стінки холодильника 25,0 см³ дистильованої води і переносять вміст у конічну колбу на 500,0 см³, ще кілька разів обмиваючи стінки першої колби дистильованою водою. Доводять об'єм розчину до 300,0 см³, додають 10-15 крапель розчину N-фенілантранілової кислоти і титрують надлишок біхромату розчином солі Мора.

Паралельно проводять контрольний дослід, для чого беруть 50,0 см³ дистильованої води і проводять через всі стадії аналізу.

3.2. В присутності сульфідів, меркаптанів, органічних сульфідів і дисульфідів, при додаванні сульфату меркурію утворюється осад чорного кольору (HgS), який не розчиняється при подальшій обробці. В цьому випадку дещо змінюють порядок додавання реагентів.

До 50,0 см³ проби (або меншого об'єму, який доведений до 50,0 см³) спочатку додають 20,0 см³ стандартного розчину біхромату калію, потім приливають 5,0 см³ сульфатної кислоти і дають відстоюватись протягом 10-20 хвилин при кімнатній температурі. При цьому окислюються легко-окислювані речовини, в тому числі і сульфідні сполуки. Після цього додають всі описані в п.2.1 реагенти і проводять дослідження. В цьому випадку слід вводити поправку на вміст сульфідів.

4. Проведення розрахунків.

ХСК (у мг кисню на 1,0 дм³ стічної води) розраховують за формулою:

$$\text{ХСК (мгО/дм}^3\text{)} = \frac{(a - b) \times N \times 1000}{V}, \text{ де}$$

N – нормальність титрованого розчину солі Мора; a – об'єм розчину солі Мора, який витрачений на титрування контрольного дослід, см³; b – об'єм

того ж розчину, який витрачений на титрування проби, cm^3 ; V – об'єм аналізованої стічної води, cm^3 ; δ – еквівалент оксигену.

Лабораторна робота №10

Контроль якості вод. Визначення вмісту солей цинку у стічних водах гальванічних виробництв трилонометричним методом

1. Сутність методу.

Визначення базується на утворенні стійкого комплексу цинку з ЕДТА. Реакція проходить в стехіометричній кількості 1:1. Титрування проводять в слабо кислому середовищі $\text{pH}=5$ в присутності індикаторної суміші 1-(2-піридилазо)-2-нафтолу(ПАН) і комплексонату купруму. За наявності в розчині йонів Zn^{2+} розчин забарвлюється в рожево-фіолетовий колір. В кінці титрування розчин набуває жовтуватого кольору.

2. Перелік необхідного обладнання та розчинів.

ЕДТА, 0,1 н водний розчин (готують з фіксаналу).

Сульфат Цинку ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) або ZnSO_4 – стандартний водний розчин концентрацією 100 мг/дм³. В мірній колбі на 1 дм³ розчиняють 0,246 г ZnSO_4 або 0,4398 г $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

ПАН – 0,1% розчин в етиловому спирті.

Сульфат купруму, 0,05 М розчин. В мірній колбі на 1 дм³ розчиняють 12,4840 г мідного купоросу ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) і доводять об'єм до мітки. Концентрацію розчину перевіряють титруванням ЕДТА в присутності ПАН при $\text{pH}=3$.

Розчин комплексонату купруму: змішують у співвідношенні 1:1 0,1 н розчин ЕДТА та купруму сульфат.

NaOH, 1 н та 0,1 н розчини.

Лимонна кислота.

Цитратний буферний розчин $\text{pH}=5$: розчиняють у мірній колбі об'ємом 1 дм³ 21,008 г лимонної кислоти в 200 см³ 1 н розчину NaOH. До мітки доводять водою. Для отримання розчину з $\text{pH}=5$ до розчину додають 0,1 н

розчин NaOH з розрахунку 4 см³ на кожні 96 см³ цитратного буферного розчину.

3. Проведення аналізу.

В конічну колбу на 250 см³ переносять 100 см³ досліджуваної води, додають 10 см³ цитратного буферного розчину, **2 см³ стандартного розчину ZnSO₄**, 1 см³ розчину комплексонату купруму, 5 крапель розчину ПАН. Розчин перемішують, колбу закривають і нагрівають на електроплитці, доводять до кипіння і титрують 0,01 н розчином ЕДТА до переходу рожево-фіолетового забарвлення в жовте. Як контроль використовують дистильовану воду (з додаванням всіх зазначених реагентів).

Розрахунки проводять за формулою:

$$C = \frac{(a_1 - a_2) \times 0,01 \times 32,69 \times 1000}{V}, \text{ де:}$$

a_1 – об'єм розчину, що використано для титрування досліджуваної проби, см³;

a_2 – об'єм розчину, що використано для титрування контрольної проби, см³;

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

C – вміст Zn²⁺ (мг/дм³).

Лабораторна робота №11

Контроль якості вод. Визначення індексу активного мулу

Біохімічне очищення стічних вод здійснюється за рахунок спроможності мікроорганізмів використати для свого живлення органічні речовини необхідні для їхньої життєдіяльності, а також нітроген, фосфор, калій з різноманітних сполук, що містяться в стічних водах. В процесі живлення мікроорганізми одержують матеріал для побудови свого тіла, внаслідок чого відбувається приріст маси активного мулу.

Активний мул являє собою складну екосистему, до складу якої входить велика кількість представників мікрофлори і мікрофауни: нитчасті бактерії, гіфи водних грибів, дріжджі, джгутикові, саркодієві, інфузорії, коловертки, водні черви та в невеликих кількостях інші багатоклітинні безхребетні (водяні кліщі, гастротрихт, тощо). Активний мул на > 95% складається з прокариотів, здебільшого бактерій, і тільки менше 5% біомаси мулу становлять найпростіші.

1. Сутність методу.

При експлуатації очисних споруд здатність мулу до осадження контролюють за показником «мулового індексу» (МІ). Для його визначення пробу мулової суспензії (суспензія на виході з аеротенку) поміщають в мірний циліндр на 1 дм³, через 30 хвилин вимірюють об'єм осаду в см³ і ділять його на число грам мулу в 1 дм³. Для нормального, «хорошого» мулу він повинен складати від 70 до 120 см³/г. Якщо МІ > 120-150 см³/г – мул погано осаджується, а якщо МІ < 70 см³/г – мул характеризується незадовільним утворенням пластівців і нерозвиненою поверхнею пластівців і флокул, що знижує його окислювальну здатність.

2. Перелік необхідного обладнання та розчинів.

Відстійник Лисенко або мірний циліндр, 1 дм³ чи 100 см³.

Суспензія активного мулу у воді.

Фільтрувальний папір.

3. Проведення аналізу.

Визначення швидкості осідання активного мулу.

В циліндр об'ємом 100 см³ (у відстійник Лисенко) вносять 100 см³ суміші рідини з активним мулом. Відстоюють та відмічають обсяг осаду у см³ через інтервали часу 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30 хвилин. На підставі отриманих даних будують криві швидкості осідання мулу у координатах об'єму в см³ та часу в хвилинах.

Час відстоювання, хвилини	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
Об'єм осадженого мулу, см ³										

Визначення мулового індексу.

Пробу мулової суміші ретельно збовтують, поміщають у циліндр на 100 см³ або у відстійник Лисенко та відстоюють 30 хвилин. Відмічають об'єм, який займає мул у см³, надмулову рідину декантують, мул відфільтровують через попередньо зважений фільтр та висушують у сушильній шафі при температурі 105°C. Після висушування фільтр охолоджують і зважують. Масу сухої речовини визначають як різницю між масою фільтра з мулом і масою фільтра до роботи. Знаходять муловий індекс за формулою:

$$MI = \frac{V_M}{t}, \text{ де:}$$

V_M – об'єм осадженого мулу, см³;

t – маса висушеного мулу, г.

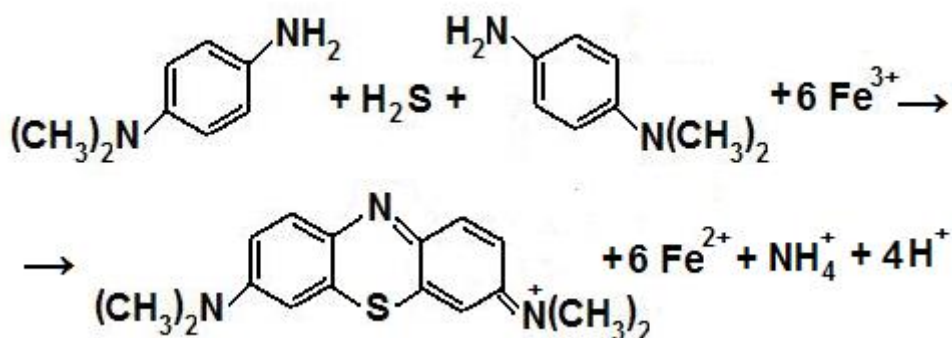
За отриманим значенням мулового індексу (MI) роблять висновок щодо здатності мулу до осадження і відповідно ефективність використання такого мулу під час біохімічної очистки води.

Лабораторна робота №12

Контроль якості вод. Визначення вмісту сульфідів і сірководню у водах

1. Сутність методу.

Метод базується на здатності сірководню і сульфідів утворювати з диметилпарафенілендіаміном у кислому середовищі безбарвну лейко основу, яка іонами Fe(III) окислюється з утворенням забарвленої метиленової сині ($\lambda_{\text{макс}} = 667 \text{ нм}$; червоний світлофільтр) згідно реакції:



Нижня межа визначення становить $0,05 \text{ мг H}_2\text{S/дм}^3$ за об'єму проби 100 см^3 . Заважають відновники SO_3^{2-} та $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ (при концентрації понад 10 мг/дм^3) та NO_2^- (концентрацією понад 10 мг N/дм^3), вплив яких усувають додаванням надлишку хлориду феруму(III).

2. Підготовка до аналізу.

2.1. Основний розчин диметилпарафенілендіаміну солянокислого $\text{N}_2\text{HC}_6\text{H}_4\text{N(CH}_3\text{)}_2 \times 2\text{HCl}$: 5 г диметилпарафенілендіаміну розчиняють у сульфатній кислоті (1:1) і доводять об'єм у мірній колбі до 20 см^3 тим самим розчином кислоти.

Робочий розчин диметилпарафенілендіаміну солянокислого готують шляхом розведення основного робочого розчину (25 см^3) до об'єму 1 дм^3 розчином сульфатної кислоти (1:1). Об'єм робочого розчину може бути пропорційно зменшений.

2.2. Розчин хлориду феруму(III): 5 г $\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$ (х.ч.) розчиняють у дистильованій волі і доводять об'єм розчину до 100 см^3 . Використовують свіжоприготовлений розчин.

2.3. Розчин сульфатної кислоти (1:1): 500 см^3 концентрованої H_2SO_4 (х.ч.) обережно вливають у 500 см^3 дистильованої води за постійного перемішування суміші. Розчин використовують після охолодження.

2.4. Основний розчин сірководню ($0,1 \text{ мг H}_2\text{S/см}^3$): $0,1 \text{ г}$ кристалів $\text{Na}_2\text{S} \times 9\text{H}_2\text{O}$ розчиняють у 50 см^3 дистильованої води і додають 50 см^3 гліцеролу (за необхідності розчин стандартизують йодометричним методом). Робочий стандартний розчин H_2S ($0,01 \text{ мг H}_2\text{S/см}^3$) готують відповідним розведенням основного стандартного розчину сірководню.

3. Проведення аналізу та розрахунки.

В склянку відбирають 100 см^3 досліджуваної води, піпетками додають $2,5 \text{ см}^3$ робочого розчину диметилпарафенілендіаміну та $2,5 \text{ см}^3$ розчину хлориду феруму(III). Внесення реагентів проводять занурюючи кінчик піпетки до половини висоти стовпа рідини в склянці. Після внесення реагентів склянку закривають корком, перемішують її вміст і залишають у темному місці. Визначення проводять через 30 хвилин, але не пізніше, ніж через 2-3 години. Оптичну густину розчину вимірюють на спектрофотометрі при 667 нм або на фотоелектроколориметрі з червоним світлофільтром у кюветі з товщиною поглинаючого шару 5 см відносно дистильованою води. Вміст сірководню і сульфідів у $\text{мг H}_2\text{S/дм}^3$ визначають за градувальним графіком. За необхідності об'єм досліджуваної води можна зменшити (але загальний об'єм слід довести до 100 см^3 дистильованою водою).

Сумарну концентрацію сірководню і сульфідів C_x ($\text{мг H}_2\text{S/дм}^3$) обчислюють за формулою:

$$C_x = \frac{C \times 100}{V}, \text{ де}$$

C – концентрація H_2S , знайдена за градувальним графіком, $\text{мг H}_2\text{S/дм}^3$;

V – об'єм проби води, см^3 .

4. Побудова градуовального графіку.

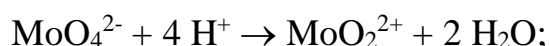
У мірні колби місткістю 200 см^3 додають $0; 1,0; 2,5; 5,0; 10,0; 20,0 \text{ см}^3$ робочого розчину сірководню концентрацією $0,01 \text{ мг H}_2\text{S}/\text{см}^3$ і доводять до риски дистильованою водою. Концентрація отриманих розчинів відповідно складає $0; 0,050; 0,125; 0,250; 0,500$ і $1,000 \text{ мг H}_2\text{S}/\text{дм}^3$. Далі аналіз продовжують за вищеписаною методикою. З даними вимірювання оптичної густини будують градуовальний графік, відкладаючи на осі абсцис концентрації сульфідів ($\text{мг H}_2\text{S}/\text{дм}^3$), а на осі ординат – значення оптичної густини (ΔA).

Лабораторна робота №13

Контроль якості вод. Визначення вмісту молібдену у природних водах

1. Принцип методу.

У сильно кислому середовищі за наявності відновника (аскорбінова кислота, тіосечовина, хлорид стануму(II) і т.д.) і значного надлишку тіоціанату калію молібден утворює комплексний аніон $[\text{MoO}(\text{SCN})_6]^{3-}$ червоно-оранжевого кольору, ступінь окиснення Мо в якому складає +5:



Найкращі результати одержують при використанні як відновника аскорбінової кислота.

Молярний коефіцієнт світлопоглинання тіоціанатного комплексу молібдену при $\lambda=465$ нм складає $\varepsilon=1,2 \times 10^4$. Нижня межа визначення вмісту молібдену складає 2 мкг Мо/дм³ за об'єму проби води 500 см³. В умовах природних вод визначення молібдену даним методом є практично селективним.

За наявності іонів купруму та феруму, які входять до складу комплексу, інтенсивність забарвлення комплексу молібдену збільшується, тому для стабілізації забарвлення вводять надлишок солі феруму(II).

2. Підготовка до аналізу.

2.1. Вихідний стандартний розчин молібдату натрію (500 мг Мо/дм³): 1,260±0,001 г $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ розчиняють у дистильованій воді і доводять об'єм до 1 дм³ у мірній колбі.

Робочий стандартний розчин молібдату натрію (5 мг Мо/дм³): у мірну колбу на 100 см³ вносять піпеткою 1 см³ основного стандартного розчину молібдату натрію і доводять до мітки дистильованою водою.

2.2. Розчин тіоціанату калію (1,5 моль/дм³): 14,6±0,1 г KSCN розчиняють в дистильованій воді і доводять об'єм розчину до 100 см³ у мірній колбі.

2.3. Розчин солі Мора (1%-вий): 1 г (NH₄)₂Fe(SO₄)₂×6H₂O розчиняють у дистильованій воді і доводять об'єм розчину до 100 см³ у мірній колбі.

Нітратна кислота, концентрована (х.ч.);

Сульфатна кислота, концентрована і розведена 1:1 (х.ч.);

Аскорбінова кислота, C₆H₈O₆ (х.ч.).

3. Проведення аналізу та розрахунки.

У скляну колбу відбирають 500 см³ проби води (або інший об'єм) і проводять «мокре озолення» органічних речовин: додають 4-5 см³ концентрованих сульфатної та нітратної кислот, випарюють до виділення густої пари сульфатної кислоти. Далі додають 1-2 см³ концентрованої нітратної кислоти і випарюють майже досуха. Після охолодження проби аналізують на вміст визначуваних компонентів.

До сухого залишку додають 10 см³ дистильованої води і 4,5 см³ розчину сульфатної кислоти (1:1). Нагрівають на водяній бані до розчинення сухого залишку, після охолодження додають 5 см³ розчину тіоціанату калію, 1 см³ розчину солі Мора, 0,4-0,5 г аскорбінової кислоти і ретельно перемішують. Суміш фільтрують крізь паперовий фільтр у колбу місткістю 25 см³ і доводять об'єм фільтрату до мітки дистильованою водою. Через 15-20 хвилин вимірюють оптичну густину розчину на спектрофотометрі при $\lambda = 465$ нм або на фотоелектроколориметрі з фіолетовим світлофільтром у кюветі з товщиною поглинаючого шару 5 см. Розчином порівняння є дистильована вода.

Одночасно проводять «контрольний» дослід. Для цього у фарфорову чашку наливають по 5 см³ концентрованих сульфатної і нітратної кислот, випарюють досуха. До залишку додають 10 см³ дистильованої води, 4,5 см³ розчину сульфатної кислоти (1:1) і далі діють, як описано вище.

Вміст молібдену (мкг Мо/дм³) знаходять за градувальним графіком. Загальний вміст молібдену в пробі C_x (мкг Мо/дм³) обчислюють за формулою:

$$C_x = \frac{C \times 25}{V}, \text{ де:}$$

C – концентрація молібдену, знайдена за градувальним графіком, мкг Мо/дм³;

V – об'єм проби води, см³.

4. Побудова градувального графіку.

У мірні колби на 25 см³ додають 0; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 10,0 см³ робочого розчину молібдату натрію, доводять об'єм водою до 10 см³, додають 4,5 см³ розчину сульфатної кислоти (1:1), 5 см³ розчину KSCN, 1 см³ розчину солі Мора, 0,4-0,5 г аскорбінової кислоти, перемішують до повного розчинення і доводять об'єм до мітки дистильованою водою. Далі роблять як описано в методиці визначення. В отриманих розчинах концентрація молібдену складає відповідно 0; 100; 200; 400; 800; 1200; 2000 мкг Мо/дм³.

Для побудови градувального графіку на осі абсцис відкладають значення концентрацій молібдену (мкг Мо/дм³), на осі ординат – різницю $\Delta A = A - A_0$, де A , A_0 – відповідні значення оптичних густин розчинів, в яких є молібдат натрію і в якому його немає (контрольний дослід).

Лабораторна робота №14

Контроль стану земель. Визначення кислотності ґрунтів потенціометричним методом

Кислотність ґрунту зумовлена іонами гідрогену та алюмінію, які знаходяться в поглинутому стані, і які здатні витісняватись в розчин при дії на ґрунти нейтральної солі, називається *обмінною кислотністю*.

1. Сутність методу.

Обмінна кислотність ґрунту визначається шляхом обробки ґрунту 1 М розчином хлориду калію і наступним вимірюванням рН витяжки потенціометричним методом (з використанням скляного індикаторного електроду і хлорсрібного електроду порівняння).

2. Реагенти і обладнання.

2.1. 1 М розчин хлориду калію.

74,5 г хлориду калію, який зважений з похибкою до $\pm 0,1$ г, розчиняють в мірній колбі на $1,0 \text{ дм}^3$ дистильованою водою і перевіряють значення рН розчину.

2.2. Стандартні буферні розчини.

Стандартні буферні розчини з рН 4,01; 6,86 та 9,18 готують із відповідних фіксаналів.

рН-метр або іономір, з похибкою вимірювання $\leq 0,1$ рС (рХ).

3. Проведення аналізу.

Перед вимірюванням, калібрують рН-метр за стандартними буферними розчинами згідно інструкції до приладу. Наважку $10,0$ г підготовленого ґрунту переносять в колбу на $100,0 \text{ см}^3$, додають $25,0 \text{ см}^3$ 1 М розчину хлориду калію і перемішують протягом 3-5 хвилин. У відстояний розчин чи навіть у суспензію занурюють електроди рН-метра і фіксують покази приладу (значення рН). Між вимірюваннями електроди ретельно промивають дистильованою водою і висушують фільтрувальним папером.

Визначення *актуальної кислотності* проводять аналогічно, використовуючи як екстрагуючий розчин дистильовану воду при співвідношенні ґрунт : вода = 1:5.

Визначення *гідролітичної кислотності* проводять аналогічно, використовуючи для вимірювання рН витяжку 1 М CH_3COONa при співвідношенні ґрунт : CH_3COONa = 1:2,5 через добу витримування. Дані для переводу одиниць рН в значення H_r (мг×екв/100г) приведені в таблиці:

рН	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2
H_r	9,04	7,28	5,85	4,71	3,79	3,05	2,46	1,98	1,60	1,28

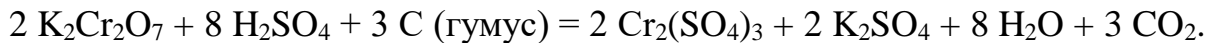
Лабораторна робота №15

Контроль стану земель. Визначення зменшення вмісту гумусу у ґрунті внаслідок спалювання сухої рослинності

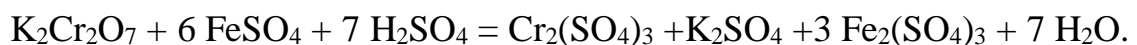
Спалювання сухої трави впливає на кількість органічної речовини ґрунту як в сам момент горіння, коли температура на його поверхні сягає до 300–400°C, розкладаючи і спалюючи гумус, так і потім, з часом, унеможливаючи щорічне відтворення гумусу за рахунок гуміфікації поживно-корневих решток тої ж сухої трави.

1. Сутність методу.

Простим і точним способом визначення гумусу є метод І.В. Тюріна, який широко застосовується при масових аналізах ґрунтів. Метод базується на окисленні гумусових речовин ґрунту до CO_2 за допомогою біхромату калію у сульфатно кислому середовищі:



За кількістю витраченого на окислення гумусу біхромату калію, судять про кількість гумусу. Залишок біхромату, що не прореагував, визначають його титруванням розчином сульфату феруму(II) або солі Мора:



2. Реагенти і обладнання.

2.1. Реагент ний розчин(0,4 н розчин $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ у сульфатній кислоті).

20,0 г сухого біхромату калію розчиняють у 500 см³ дистильованої води і додають 500 см³ концентрованої сульфатної кислоти.

2.2. Розчин солі Мора $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ (0,2 н).

80,0 г солі переносять в мірну колбу на 1,0 дм³, додають 20 см³ концентрованої сульфатної кислоти і об'єм доводять до мітки дистильованою водою. Точну концентрацію розчину солі Мора встановлюють за біхроматом калію.

0,2% розчин N-фенілантранілової кислоти.

3. Проведення дослідження та розрахунки.

Для дослідження використовують ґрунт до і після спалювання. Для цього можна використати або ґрунт з однієї проби, частину якого необхідно прожарити в печі при температурі 300-400°C протягом 3-5 хвилин, або ж заздалегідь відібрати проби ґрунту з ділянок, де проводиться спалювання і де його не проводили принаймні 3-5 років.

0,1-0,5 г просіяного через сито (з діаметром пор 1 мм) ґрунту розгорнути тонким шаром на папері і за допомогою скляної палички вибрати всі корінці. Для цього скляну паличку потерти шерстяним клаптиком і, не торкаючись поверхні, провести на ретельно розгорнутим ґрунтом. Корінці причіпляються до палички. Вибирання корінців повторити декілька разів. Після цього перенести ґрунт у фарфорову ступку, розтерти дерев'яним товкачиком і просіяти через сито з отворами в 0,25 мм. З одержаної проби роблять наважку. відважити на аналітичних вагах з точністю до $\pm 0,0001$ г наважку ґрунту від 0,1 до 0,5 г. Чим більший вміст гумусу в ґрунті, тим меншу беруть наважку.

Наважку (50-200 мг на аналітичних вагах з точністю до $\pm 0,0001$ г в залежності від вмісту гумусу, судять за кольором) повітряно-сухого ґрунту насипають в конічну колбу на 100 см³. Обережно із бюретки додають 10,0 см³ 0,4 н розчину біхромату калію і суміш обережно перемішують круговими рухами. Колбу накривають лійкою, ставлять на азбестову сітку і нагрівають до кипіння. Потім нагрівання зменшують і кип'ятять суміш протягом 5 хв., запобігаючи бурхливому кипінню.

Після цього колбу охолоджують до кімнатної температури (колір суміші має бути оранжевим, інакше якщо колір суміші є зеленим, вміст органічних речовин в пробі є більшим ніж окисника і дослід слід знову повторити з меншої наважки ґрунту). Стінки колби змивають з піпетки водою об'ємом 20-40 см³. Додають 4-5 крапель розчину N-фенілантранілової кислоти і суміш

титрують стандартним розчином солі Мора. Кінець титрування визначають за переходом вишнево-фіолетового забарвлення індикатора в зелене.

Вміст органічного карбону вираховують за формулою:

$$C = \frac{(a - b) \times K_M \times 100 \times 0,0006 \times K_{H_2O} \times 1,724}{P}, \text{ де}$$

C – вміст гумусу в ґрунті, %;

a – кількість cm^3 0,2 н розчину солі Мора, що пішла на титрування контролю (контрольне титрування розчину $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ після кип'ятіння без додавання наважки ґрунту);

b – кількість cm^3 0,2 н розчину солі Мора, що пішла на титрування досліджуваної проби;

K_M – поправка до титру солі Мора;

0,0006 – кількість органічного карбону, що відповідає 1,0 cm^3 0,2 н розчину солі Мора, г;

1,724 – кількість органічного карбону в г, що відповідає 1 г гумусу;

P – наважка повітряно сухого ґрунту, г;

K_{H_2O} – коефіцієнт гігроскопічності для перерахунку на абсолютно суху наважку ґрунту.

На основі одержаних результатів визначають ступінь деградації ґрунту (за зменшенням вмісту гумусу) згідно таблиці:

Показник	Ступінь деградації				
	0	1	2	3	4
Зменшення вмісту гумусу у профілі ґрунту, % від початкового	<10	10-20	21-40	41-80	>80

Перелік питань для підготовки до колоквіумів

Колоквіум №1

1. Особливості використання природних ресурсів в сучасних умовах.
2. Завдання та роль техноекології як навчальної дисципліни.
3. Загальні аспекти впливу народного господарства на стан навколишнього природного середовища.
4. Етапи техногенезу. Технофільність.
5. Структура енергетичного комплексу України, енергетична стратегія нашої держави до 2030 року.
6. Особливості впливу гідроелектростанцій: позитивні і негативні аспекти. Роль гідроакумуючих електростанцій та об'єктів малої гідроенергетики.
7. Вплив теплоелектростанцій на стан довкілля.
8. Особливості впливу атомних електростанцій на атмо-, гідро- та літосферу.
9. Переваги та недоліки альтернативних джерел енергії, роль «зеленого тарифу».

Колоквіум №2

1. Загальна характеристика металургійного комплексу України. Сировинна база металургії.
 - 1.1. Вплив доменного процесу на довкілля.
 - 1.2. Виробництво сталі (мартенівський, конверторний способи) та вплив на об'єкти довкілля.
 - 1.3. Сировинна база кольорової металургії України. Географія промислових об'єктів кольорової металургії.
 - 1.4. Вплив на навколишнє середовище процесів одержання: алюмінію, цинку, титану, магнію.

2. Загальна характеристика нафтодобувної, нафтопереробної та нафтохімічної галузей промисловості України.

2.1. Географія розташування родовищ нафти і газу у світі та Україні.

2.2. Етапи переробки нафти (первинна і вторинна переробки) та можливі прояви забруднення навколишнього середовища при цьому.

2.3. Особливості поведінки нафтопродуктів у воді. Міграційні форми нафтопродуктів у природних водоймах.

2.4. Особливості поведінки нафтопродуктів у ґрунті. Етапи біогеохімічної деградації нафтопродуктів у ґрунті.

2.5. Можливий ланцюг хімічних перетворень компонентів нафти у ґрунті на прикладі n-октану.

2.6. Особливості впливу на навколишнє середовище вугільної та газової галузей промисловості.

3. Загальна характеристика хімічної промисловості України. Основні галузі та географія хімічної промисловості України.

3.1. Особливості впливу хімічної промисловості на навколишнє середовище: водоемність та енергоємність галузі.

4. Загальна характеристика лісової промисловості України. Структура галузі, географія об'єктів галузі. Запаси лісу в Україні.

5. Особливості впливу целюлозно-паперової промисловості на стан навколишнього середовища.

6. Екологізація виробництва.

6.1. Загальна характеристика Стратегії Сталого Розвитку: історія концепції, особливості впровадження в межах України.

6.2. Раціональне використання природних ресурсів та способи регенерації відходів в рамках концепції екологізації виробництва.

6.3. Технічні, технологічні, біологічні та економічні аспекти екологізації виробництва.

6.4. Економічні, екологічні та соціальні мотиви суб'єктів господарювання щодо екологізації виробництва.

Колоквіум №3

1. Загальні аспекти очистки промислових викидів в атмосферу.
2. Будова та функції атмосфери. Забруднення атмосфери: природне та штучне.
3. Класифікація джерел забруднення атмосфери: стаціонарні та пересувні; крапкові, лінійні та площинні; організовані та неорганізовані.
4. Забруднення атмосфери: речовинне та енергетичне, первинне та вторинне.
5. Критерії ефективності установок очищення викидів в атмосферу від пилу та газів – ступінь очищення, коефіцієнт забезпеченості технологічних процесів газоочищенням.
6. Вибір типу очисних пристроїв: критерії вибору.
7. Класифікація виробничого пилу: за розміром частинок, за впливом на організм людини.
8. Класифікація апаратів знепилення газів.
9. Кількісні показники ефективності пиловловлювання.
10. Гідравлічний опір апаратів знепилення. Експериментальне та теоретичне визначення гідравлічного опору.
11. Загальна характеристика сухих пиловловлювачів. Класифікація.
12. Гравітаційні (пилоосаджувальні) камери. Визначення габаритних розмірів пристроїв осадження пилу. Схема гравітаційної камери. Принцип дії.
13. Переваги та недоліки застосування гравітаційних камер. Методи збільшення ефективності пилоосаджувальних камер.
14. Інерційні пиловловлювачі. Схеми апаратів. Переваги та недоліки використання інерційних пиловловлювачів.

15. Відцентрові пиловловлювачі. Схеми апаратів. Переваги та недоліки використання відцентрових пиловловлювачів.

Колоквіум №4

1. Сепарація пилу в мокрих знепилюючих пристроях.

1.1. Явище змочуваності твердих частинок пилу. Гідрофобний та гідрофільний пил.

1.2. Переваги та недоліки мокрих пиловловлювачів.

1.3. Розрахунок кількості частинок пилу, що вловлюються за одиницю часу при розпилюванні певного об'єму води.

1.4. Класифікація мокрих пиловловлювачів.

1.5. Порожнистий форсунковий газопромивач. Схема. Принцип дії.

1.6. Насадковий газопромивач (з рухомою і нерухомою насадкою).
Схема. Принцип дії.

1.7. Тарілчастий (барботаажний) газопромивач. Схема. Принцип дії.
Режими роботи тарілчастого газопромивача.

1.8. Скрубери ударно-інерційної дії (скрубери Дойля). Схема. Принцип дії.

1.9. Швидкісні турбулентні пиловловлювачі (скрубери Вентурі).
Схема. Принцип дії.

2. Сепарація пилу за допомогою фільтрів.

2.1. Класифікація фільтрів для вловлювання виробничого пилу.

2.2. Тканинні фільтри. Принцип дії. Класифікація тканинних фільтрів.
Рукавний фільтр. Схема. Способи регенерації рукавних фільтрів.

2.3. Волокнисті фільтри. Принцип дії. Класифікація волокнистих фільтрів.

2.4. Зернисті фільтри. Схема. Принцип дії.

2.5. Сепарація пилу за допомогою електрофільтрів. Схема. Принцип дії.
Вольтамперометрична характеристика роботи електрофільтра.

3. Вловлювання крапельної рідини.

3.1. Типи краплевловлювачів та принципи їх дії.

3.2. Схема жалюзійного краплевловлювача. Принцип дії.

Колоквіум №5

1. Очистка промислових викидів в атмосферу від газоподібних сполук.

1.1. Абсорбція газоподібних сполук.

1.1.1. Поверхневі насадкові абсорбери. Принцип дії. Схема.

1.1.2. Барботажний абсорбер. Принцип дії. Схема.

1.1.3. Розпилювальний абсорбер. Принцип дії. Схема.

2. Адсорбція газоподібних сполук.

2.1. Адсорбер з нерухомим шаром адсорбенту. Принцип дії. Схема.

2.2. Адсорбер з рухомим шаром адсорбенту. Принцип дії. Схема.

2.3. Адсорбер з киплячим шаром адсорбенту. Принцип дії. Схема.

3. Каталітичне очищення газових викидів. Апарати з фільтрувальним шаром каталізатора. Принцип дії. Схема.

4. Термічне знешкодження газових викидів. Апарати топкового та факельного типів.

5. Очистка промислових газів від SO_2 .

5.1. Джерела надходження SO_2 в атмосферу. Вплив SO_2 на довкілля.

5.2. Вапняковий метод вловлювання SO_2 .

5.3. Магnezитовий метод вловлювання SO_2 .

5.4. Аміачні методи вловлювання SO_2 .

5.4.1. Аміачно-сульфатнокислий метод очистки газів від SO_2 .

5.4.2. Аміачно-циклічний метод очистки газів від SO_2 .

5.4.3. Аміачно-автоклашний метод очистки газів від SO_2 .

6. Очистка промислових газів від оксидів нітрогену.

6.1. Джерела надходження NO_x в атмосферу. Вплив NO_x на довкілля.

6.2. Вловлювання NO_x міцною нітратною кислотою. Лужний метод вловлювання NO_x .

6.3. Рідкофазна та газофазна окислювальна абсорбція NO.

6.4. Адсорбція оксидів нітрогену активованим вугіллям.

6.5. Каталітичне знешкодження оксидів нітрогену.

7. Очистка промислових газів від оксидів Карбону (конверсія CO з водяною парою, метанування, купрум-аміачний метод очистки від CO, абсорбція CO₂ водою та розчинами етаноламінів, метанолом (процес «ректизол»), адсорбція цеолітами).

8. Очистка промислових викидів від сполук флуору (сухий метод вловлювання HF, лужні «мокрі» методи).

9. Очистка промислових викидів від хлору та його сполук (сухий метод, лужні «мокрі» методи).

10. Очистка промислових викидів від сірководню.

10.1 Лужно-карбонатний (сіброд-процес) та ферум-содовий методи.

10.2. Миш'яково-содовий метод.

10.3. Фосфатний метод.

10.4. Лужно-гідрохіноновий метод.

10.5. Сухі методи вловлювання сірководню.

11. Очистка промислових викидів від парів ртуті.

Колоквіум №6

1. Характеристика запасів прісної води на Землі. Динаміка світового водоспоживання. Основні галузі народного господарства – споживачі води.

2. Якість води. Забруднювальні воду речовини. Типи забруднення води.

3. Основні джерела забруднення вод та їх характеристика. Наслідки забруднення природних вод.

4. Класифікація промислових стічних вод:

4.1. За походженням;

4.2. За хімічним складом;

4.3. За концентрацією забруднювальних речовин;

4.4. За ступенем агресивності до матеріалів і споруд.

5. Розрахунок необхідного ступеня очистки стічних вод.

Граничнодопустимі скиди стічних вод.

6. Умови скиду виробничих стічних вод, які містять декілька забруднювальних речовин.

7. Класифікація методів очистки стічних води:

7.1. За впливом на забруднювальні речовини;

7.2. За характером впливу на воду.

8. Механічна очистка стічних вод. Загальна характеристика.

8.1. Пристрої для проведення механічної очистки. Проціджування вод.

Фракціонери.

8.2. Класифікація відстійників. Схема і принцип дії горизонтального, вертикального та радіального відстійників.

8.3. Фільтрування води.

8.3.1. Фільтрування води через фільтруючу плівку. Повільні фільтри.

Переваги і недоліки.

8.3.2. Фільтрування води без утворення фільтрувальної плівки. Швидкі фільтри. Переваги і недоліки.

8.4. Відцентрові пристрої механічної очистки стічних вод.

9. Хімічні методи очистки води: методи нейтралізації, коагуляція та флокуляція, методи окиснення та відновлення.

10. Загальна характеристика фізико-хімічних методів очищення стічних вод.

11. Флотація як метод очищення стічних вод. Явище змочуваності.

11.1. Гідрофільні та гідрофобні забруднювальні речовини. Реагенти для підсилення гідрофобності забруднювальних речовин.

11.2. Схема флотатора пневматичної флотації.

11.3. Умови і способи видалення піни з флотатора.

11.4. Напірна флотація. Схема методу. Переваги і недоліки. Вакуумна флотація. Схема методу. Переваги і недоліки

11.5. Механічна флотація. Схема механічного флотатора. Переваги і недоліки.

11.6. Електрофлотація. Схема електрофлотатора. Переваги і недоліки.

11.7. Хімічна та біологічна флотація. Загальна характеристика методів.

12. Адсорбція як метод очищення води від забруднень. Методи статичної та динамічної сорбції. Регенерація адсорбентів.

13. Загальна характеристика методу іонного обміну очищення вод.

13.1. Структура іоніту: матриця, прошиваючий елемент, активні групи.

13.2. Класифікація іонітів: катіоніти, аніоніти, амфоліти; сильні і слабкі іоніти. Функціональні групи, що входять до їх складу.

13.3. Іонобмінна ємність іонітів. Фактори, що впливають на іонобмінну ємність. Залежність ємності від рН.

13.4. Ряди селективності іонітів.

13.5. Регенерація іонітів. Явище загіпсовування іонітів.

13.6. Схема тристадійного іонного обміну для очищення води.

14. Екстракція як метод очищення стічних вод.

14.1. Коефіцієнт розподілу. Фактори, що впливають на значення K_p . Зв'язок K_p з ефективністю екстракції.

14.2. Типи екстрагентів, що використовують для очищення води. Вимоги до екстрагентів.

14.3. Конструкції екстракційних колон. Протитечійна екстракція.

14.4. Розрахунок залишкової концентрації забруднювальної речовини у воді після екстракції.

14.5. Способи регенерації екстрагенту.

15. Баромембранні методи для очистки стічних вод. Загальна характеристика.

15.1. Явище осмотичного тиску. Роль осмотичного тиску для реалізації мембранних методів.

15.2. Класифікація мембранних методів. Класифікація мембран. Вимоги до мембран.

15.3. Характеристика баромембранних методів: мікрофільтрація, ультрафільтрація, нанофільтрація, зворотний осмос.

15.4. Фактори, від яких залежить ефективність роботи мембран: робочий тиск, температура, концентрація і природа забруднювальної речовини.

15.4. Конструкції апаратів мембранної очистки (плоскокамерні, з рулонною укладкою, з трубчатими фільтруючими елементами).

Колоквіум №7

1. Загальна характеристика електрохімічних методів очищення стічних вод. Переваги та недоліки.

1.1. Суть методу електрокоагуляції. Схема. Переваги та недоліки.

1.2. Суть методу гальванокоагуляції. Переваги та недоліки.

1.3. Електродіаліз. Суть методу. Схема установки. Переваги та недоліки.

1.4. Анодне окиснення та катодне відновлення при очистці стічних вод.

Особливості електрогенерації окисника.

1.5. Електроседиментація як метод очищення стічних вод.

2. Біохімічні методи очистки стічних вод.

2.1. Механізми біохімічної деструкції забруднювальних речовин.

Коефіцієнт зооглейності активного мулу.

2.2. Характеристика показників БСК₅, БСК₂₀, БСК_{повн}, ХСК.

Співвідношення між ними. Біохімічний показник.

2.3. Фактори, що впливають на ефективність біохімічної очистки води.

2.4. Класифікація методів біохімічної очистки.

2.5. Споруди біологічного очищення води: поля зрошування, поля фільтрації, аеротенки, окситенки, біологічні ставки.

2.6. Аеробні методи, способи їх реалізації. Типи та схеми аеротенків, випадки їх застосування (за значенням БСК_{повн}).

2.7. Біофільтрація. Схема біофільтра. Класифікація біофільтрів.

2.8. Анаеробні методи. Застосування метанового бродіння. Схема метантенку.

2.9. Порівняння аеробного та анаеробного методів, їх переваги та недоліки.

3. Термічні методи очищення води. Випадки застосування термічних методів, їх класифікація: регенеративні (випаровування, виморожування, кристалогідратний) і деструктивні (термоокислювальні) методи.

3.1. Випаровування води. Типи теплоносіїв для нагрівання води. Особливості гідрофобних теплоносіїв.

3.2. Схема багатоступінчастої адіабатної випарної установки.

3.3. Очищення стічних вод виморожуванням (вакуумне, контактне; природне або штучне).

3.4. Схема установки концентрування стічних вод виморожуванням у вакуумі.

3.5. Кристалогідратний метод очищення стічних вод. Механізм утворення газових гідратів.

3.6. Схема установки очистки стічних вод методом гідратуутворення.

3.7. Загальна характеристика термоокислювальних методів для очищення стічних вод.

3.7.1. Рідиннофазне окиснення стічних вод.

3.7.2. Парофазне каталітичне окиснення стічних вод.

3.7.3. Полум'яний метод: особливості, переваги та недоліки.

Колоквіум №8

1. Ґрунт як складна багатоконпонентна система. Функції ґрунту.

2. Типи пошкоджень ґрунту (деградація):

2.1. Ерозія ґрунту. Причини і наслідки. Типи ерозії. Універсальне рівняння ґрунтових втрат (УРГВ). Меліорація ґрунтів.

2.2. Закислення ґрунту. Причини і наслідки. Кількісні показники замісненості ґрунту. Меліоративні заходи.

2.3. Опустелювання як фактор втрати земель.

2.4. Токсикація земель. Забруднення ґрунту важкими металами. Причини і наслідки. Фактори, що впливають на рухливість іонів важких металів у ґрунті.

2.5. Токсикація земель. Забруднення ґрунту пестицидами. Детоксикація пестицидів у ґрунті, фактори, що впливають на її швидкість.

2.6. Стиснення ґрунту. Причини і наслідки.

3. Механізм забруднення ґрунтів. Класифікація методи очистки ґрунтів:

3.1. За способом виконання технології очистки – *in situ*, *ex situ*.

3.2. За способом впливу на забруднювальну речовину.

3.3. За природою процесів, що лежать в основі очистки.

4. Біологічні методи очистки ґрунту. Переваги та недоліки.

4.1. Метод посиленого біовідновлення.

4.2. Метод біовентиляції.

4.3. Фіторемедіація.

4.4. Обробка ґрунту в біонасипах.

4.5. Обробка ґрунту в біореакторах.

5. Фізико-хімічні методи очистки ґрунту. Переваги та недоліки.

5.1. Технології затвердіння-стабілізації (S/S-методи).

5.2. Метод донних бар'єрів.

5.3. Метод вітрифікації (заскловування).

5.4. Електрохімічні методи очищення ґрунтів.

6. Термічні методи очистки ґрунтів. Переваги та недоліки.

6.1. Метод «нагрівання ґрунту *in situ* + вакуумна екстракція».

6.2. Метод спалювання забруднювальних речовин ґрунту.

7. Промивання ґрунтів. Очищення ґрунтів цеолітами.
8. Меліорація ґрунтів. Типи меліорації ґрунтів.
9. Еколого-економічні проблеми використання земельних ресурсів.
10. Проблема твердих промислових відходів. Класифікація відходів та шляхи поводження з ними. Організація полігонів промислових відходів.

Колоквіум №9

1. Особливості виробничих випромінювань та їх впливу на довкілля.
2. Шумове забруднення довкілля. Методи зниження шумового навантаження на природне середовище.
 - 2.1. Джерела виробничого шуму.
 - 2.2. Вплив шуму на людину. Вплив шуму на тварин і рослини.
 - 2.3. Класифікація шуму. Попередній обрахунок рівня зниження шуму (затухання) у довкіллі. Нормування шумового навантаження.
 - 2.4. Заходи зменшення впливу шуму на довкілля.
 - 2.4.1. Архітектурно-планувальні заходи.
 - 2.4.2. Організаційно-технічні заходи.
 - 2.4.3. Акустичні заходи (засоби звукопоглинання).
3. Вібраційне забруднення довкілля та методи боротьби з ним.
4. Вплив іонізуючого випромінювання на навколишнє середовище.
5. Електромагнітне випромінювання та методи боротьби з ними.
 - 5.1. Нормування електромагнітного випромінювання.
 - 5.2. Захист від постійних та промислових електромагнітних полів.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна:

1. Сухарев С.М., Чундак С.Ю., Сухарева О.Ю. Техноекологія та охорона навколишнього середовища. – Львів: Новий Світ-2000, 2004. – 256 с.
2. Промышленная экология / К.Н. Ткачук и др. – К.: УМК ВО, 1992. – 270 с.
3. Родионов А.И., Клушин В.Н., Торочешников Н.С. Техника защиты окружающей среды. – М.: Химия, 1989. – 512 с.
4. Техника защиты окружающей среды / Н.С. Торочешников, А.И. Родионов, Н.В. Кельцев, Клушин В.Н. – М.: Химия, 1981. – 362 с.
5. Мазур И.И., Молдаванов О.И. Курс инженерной экологии. – М.: Высшая школа, 1999. – 447 с.
6. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод / А.К. Запольський та ін. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.
7. Джигирей В.С., Сторожук В.М., Яцюк Р.А. Основи екології та охорона навколишнього природного середовища (Екологія та охорона природи). – Львів: Афіша, 2000. – 272 с.
8. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища. – К.: Либідь, 1995. – 368 с.
9. Клименко Л.П. Техноекологія. – Сімферополь: Таврія, 2000. – 542 с.
10. Говорун А.Т., Скорчено В.Ф., Худолій М.М. Транспорт і навколишнє середовище. – К.: Урожай, 1992. – 144 с.
11. Охорона навколишнього середовища в лісопромисловому комплексі / С.О. Апостолук та ін. – Львів: Афіша, 2001. – 200 с.

Допоміжна та до лабораторного практикуму:

1. Боков В.А., Лущик А.В. Основы экологической безопасности. – Симферополь: СОНАТ, 1998. – 224 с.
2. Еленский Ф.З. Экологизация производства и модели безотходных процессов: учебное издание. – Киев: УМК ВО, 1988.-60с.
3. Ласкорин Б.Н., Барский Л.А., Персиц В.З. Безотходная технология переработки минерального сырья. Системный анализ. – М.: Недра, 1984. – 224 с.

4. Кафаров В.В. Принципы создания безотходных химических производств. – М.: Химия, 1982. – 288 с.
5. Гончар М.Т. Экологические проблемы сельскохозяйственного производства. – Львов: Вища школа, 1986. – 143 с.
6. Розміщення продуктивних сил України / Під ред. Є.П.Кагана. – К.: Вища школа, 1997. – 531 с.
7. Экологические проблемы энергетики / Под ред. Панина А.А. – Новосибирск: Наука, 1989. – 322 с.
8. Пугачев Е.А. Методы и средства защиты окружающей среды в легкой промышленности. – М.: Легкопромиздат, 1998. – 256 с.
9. Набиванець Б.Й., Сухан В.В., Калабіна Л.В. Аналітична хімія природного середовища. – К.: Либідь, 1996. – 302 с.
10. Набиванець Б.Й., Осадчий В.І., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. Аналітична хімія поверхневих вод. – К.: Наукова думка, 2007. – 456 с.
11. Сухарев С.М., Шманько П.І. Методичні вказівки до практичних занять та лабораторного практикуму з курсу «Охорона атмосфери». – Ужгород: Ужгородський університет, 2000. – 32 с.
12. Сухарева О.Ю., Базель Я.Р., Сухарев С.М. Методичні вказівки до лабораторного практикуму з курсу «Аналіз природних об'єктів і продуктів харчування». – Ужгород: УжНУ, 2002. – 100 с.