

Волинський національний університет імені Лесі Українки

Факультет хімії та екології

Кафедра неорганічної та фізичної хімії

Тетяна Савчук, Світлана Корольчук

АНАЛІЗ ТА КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ ДОВКІЛЛЯ

**Методичні рекомендації
для лабораторних робіт**

Луцьк – 2024

УДК 502/504(072)

Рекомендовано до друку науково-методичною радою Волинського національного університету імені Лесі Українки (протокол № 2 від 16 жовтня 2024 року).

Рецензент: Супрунович С.В. – кандидат хімічних наук, доцент кафедри органічної та фармацевтичної хімії ВНУ імені Лесі Українки.

Савчук Т. І., Корольчук С. І.

А-64. Аналіз та контроль параметрів довкілля. Методичні рекомендації для лабораторних робіт. - Луцьк : Вежа Друк, 2024. 33 с.

У науково-методичному виданні „Аналіз та контроль параметрів довкілля” наведені методики виконання лабораторних робіт, перелік основних питань до змістових модулів, література.

Методичні вказівки рекомендовано здобувачам освіти другого (магістерського) рівня освітньо-професійної програми 102 Хімія для вивчення освітнього компоненту „Аналіз та контроль параметрів довкілля”.

УДК 502/504(072)

©Савчук Т.І., Корольчук С.І., 2024

©Волинський національний університет
імені Лесі Українки, 2024

Зміст

<i>Вступ</i>	4
<i>Лабораторна робота № 1. Визначення вмісту гумусових речовин у ґрунті</i>	5
<i>Лабораторна робота № 2. Визначення нітратів у природних водах</i>	9
<i>Лабораторна робота № 3. Фотометричне визначення мономерних форм Силіцію у вигляді жовтої силіціймолібденової гетерополікислоти</i>	13
<i>Лабораторна робота № 4. Визначення розчиненого кисню в природних водах</i>	16
<i>Лабораторна робота № 5. Визначення хімічного споживання кисню (ХСК)</i>	22
<i>Лабораторна робота № 6. Фотометричне визначення Феруму (II) та Феруму (III) з 1,10-фенантроліном</i>	25
<i>Теоретичні питання для самопідготовки</i>	28
<i>Література</i>	31

Вступ

Освітній компонент “Аналіз та контроль параметрів довкілля ” належить до вибіркової освітньої компоненти з циклу професійної підготовки здобувачів освіти за освітньої-професійною програмою 102 Хімія здобувачам освіти другого (магістерського) рівня. Дисципліна спрямована на вивчення та узагальнення даних про склад хімічний об’єктів та проведення аналізу об’єктів довкілля.

Мета навчальної дисципліни: є систематизація знань про основні характеристики природніх об’єктів довкілля та методи визначення їх хімічного складу.

Завдання освітнього компонента: розкрити зміст даної дисципліни; при виконанні лабораторного практикуму студенти набувають ключових навичок наукового дослідження та експериментального вивчення аналізу об’єктів довкілля та особливості контролю забруднювачів середовища.

В методичних рекомендаціях для лабораторних робіт наведені методики виконання лабораторних робіт, а також приведені контрольні питання для самопідготовки.

Лабораторна робота №1

ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ГУМУСОВИХ РЕЧОВИН У ҐРУНТІ

Методика визначення вмісту фульвокислот. Наважку 50,0 г розтертого повітряно-сухого ґрунту переносять у колбу на 250 мл, додають 100,0 мл дистильованої води, струшують протягом 15 хв і фільтрують через складчатий фільтр (або за допомогою водострумного насосу) в колбу на 100,0 мл.

Якщо фільтрат дуже каламутний, то його фільтрують ще раз через фільтр із ґрунтом, який попередньо обробили лугом.

У конічні колби на 100,0 мл відбирають у першу 20,0 мл дистильованої води, у другу 20,0 мл водної витяжки ґрунту, додають по 1,0 мл 50 % розчину H_2SO_4 і титрують 0,01 н розчином $KMnO_4$ без індикатора до слаборожевого стійкого забарвлення розчину. При цьому відбувається окислення водорозчинної частини ґрунту за схемою:



Для прискорення реакції аліквоту можна підігріти до 60 – 80°C. Вміст Карбону фульвокислот у ґрунті (%) визначають за формулою:

$$W_C = \frac{(V - V_o) \cdot N \cdot V_{заг} \cdot E_C}{V_{ал} \cdot G \cdot 1000} \cdot 100\% \quad (1.1.),$$

де V , V_o – об'єм розчину $KMnO_4$, який витратили на титрування відповідно досліджуваної проби та холостої, мл;

N – нормальність розчину $KMnO_4$, моль·екв/л;

$V_{заг}$ – об'єм розчину, який утворився після обробки ґрунту, мл;

$V_{ал}$ – об'єм аліквоти, мл;

E_C – еквівалентна маса карбону, г/моль·екв;

G – маса наважки ґрунту, г.

Приблизний вміст водорозчинного гумусу визначають: домноживши на емпіричний коефіцієнт ($K = 1,7$) вміст Карбону, який отримали за формулою (1.1).

Методика визначення вмісту гумінових кислот. Залишок ґрунту після вилучення фульвокислот змивають в конічну колбу невеликою кількістю NaOH і додають 1 н NaOH до загального об'єму 100,0 мл, струшують протягом 5 хв і відстоюють 15 хв. Темно-бурий розчин відфільтровують через складчатий фільтр, відбирають аликвоту 2,0 мл у попередньо зважену центрифужну пробірку, додають 2-3 мл 10 % HCl і залишають на 10 – 15 хв для формування драглистого бурого осаду. Після центрифугування розчин з пробірки декантують, а осад висушують до постійної маси і знаходять різницю мас центрифужної пробірки з осадом і порожньої.

Паралельно проводять визначення вмісту гумінових кислот за методом Тюріна (див. визначення гуміну).

Методика визначення вмісту гуміну. Залишок ґрунту після вилучення гумінових кислот змивають у конічну колбу, додають 20,0 мл хромової суміші. Паралельно в другу конічну колбу вносять також 20,0 мл хромової суміші. Обидві колбочки ставлять на піщану баню і кип'ятять 5 хв, закривши отвір колб скляними лійками. Після охолодження проб додають у кожен по 3 – 5 крапель 0,2 % розчину фенілантранілової кислоти і титрують надлишок калій дихромату 0,2 н розчином солі Мора.

Якщо ґрунт містить велику кількість гуміну, для аналізу беруть наважку 0,1 – 1 г, обробляють розчином лугу для вилучення фульво- та гумінових кислот, фільтрат відкидають, а залишок аналізують на вміст гуміну, як зазначено вище. Визначають вміст Карбону, що входить до складу гуміну:

$$W_C = \frac{(V - V_o) \cdot N \cdot E_c}{G \cdot 1000} \cdot 100\% \quad (1.2.),$$

де V_o , V – об'єм солі Мора, який витратили на титрування хромової суміші без ґрунту та з ґрунтом відповідно, мл;

N – нормальність розчину $KMnO_4$, моль·екв/л;

G – маса наважки ґрунту, г.

E_c – еквівалентна маса Карбону, моль·екв/л.

Лабораторна робота №2

ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ НІТРАТІВ У ПРИРОДНИХ ВОДАХ

Фотометричне визначення нітратів за допомогою натрій саліцилату

Пробу природної води потрібно відразу на місці відбору законсервувати 1 мл концентрованої сульфатної кислоти або 2 – 4 мл хлороформу на 1 л проби.

У сульфатнокислому середовищі нітрат-йони утворюють із натрій саліцилатом суміш 3- та 5-нітросаліцилової кислот, солі яких у лужному середовищі мають жовтий колір. Чутливість фотометричного визначення становить 0,1 мг NO_3^- в 1 л води. Визначенню нітратів заважають забарвлені органічні сполуки, які відокремлюють обробкою води суспензією гідроксиду алюмінію. Якщо забарвлені сполуки утворюються внаслідок обробки сухого залишку після випаровування проби води (див. методику визначення), то цей метод непридатний.

Визначенню заважають хлориди в кількості понад 200 мг/л, їх можна позбутися обробкою проби води аргентум сульфатом. Йони феруму (III) заважають за концентрації понад 5 мг/л. Впливу Феруму та інших катіонів можна позбутися пропусканням проби через катіоніт.

Нітрити за концентрації понад 2 мг/л видаляють випаровуванням проби досуха на водяній бані в присутності 0,05 г амоній сульфату.

Методика визначення. До 10,0 мл або іншого об'єму проби води, яка містить не більше 0,2 мг NO_3^- додають 1,0 мл свіжоприготованого 0,5 % розчину натрій саліцилату і випаровують досуха у фарфоровій чашці на водяній бані. Після охолодження до сухого залишку додають 1,0 мл концентрованої сульфатної кислоти і залишають стояти 10 хв. Вміст чашки розбавляють дистильованою водою, кількісно переносять у мірну колбу на 50,0 мл, додають 7,0 мл 10 М розчину NaOH, доводять дистильованою водою до мітки і перемішують. Після охолодження знову доводять об'єм

розчину до мітки, перемішують і вимірюють його оптичну густина при $\lambda = 410$ нм. Від одержаної оптичної густини віднімають оптичну густина холостої проби, приготованої таким же способом з дистильованою водою. За градууювальним графіком знаходять вміст нітрат-іонів.

Для побудови градууювального графіка готують стандартні розчини, які містять 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 мг NO_3^- . Для цього відбирають відповідні об'єми стандартного розчину калій нітрату з концентрацією 0,1 мг/мл і чинять, як зазначено вище.

За результатами вимірювань будують градууювальний графік та визначають за формулою концентрацію нітрат-йонів, мг/л:

$$C = \frac{m}{V} \quad (2.1.),$$

де m – кількість нітрат-йонів визначена за градууювальним графіком, мг;

V – об'єм проби води, мл.

Потенціометричне визначення нітратів за допомогою іонселективного електроду

Для визначення нітратів використовують мембранний іон селективний електрод у парі з хлорсрібним електродом порівняння.

Визначення нітратів проводять у присутності 1 % розчину алюмокалієвого галуни, щоб створити певну іонну силу розчину, яка мало залежить від солевмісту досліджуваного зразка води. Нітратселективний електрод виявляє основну електродну функцію відносно нітрату в межах концентрацій від 10^{-4} до 1 моль/л.

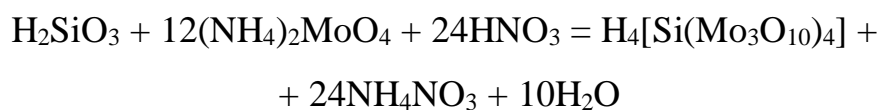
Нітрати можна визначити в присутності сульфатів, хлоридів, гідрокарбонатів, ацетатів з коефіцієнтами селективності відповідно 0,001; 0,001; 0,002; 0,002. Заважають ClO_3^- (1,71), Br^- (0,15) та I^- (16,2).

Методика визначення. Для визначення нітратів спочатку калібрують іонімір з використанням стандартних розчинів калій нітрату: 10^{-4} моль/л або (рС=4) ; 10^{-3} моль/л (рС=3); 10^{-2} моль/л (рС=2); 10^{-1} моль/л (рС=1).

Лабораторна робота №3

ТЕМА: ФОТОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ МОНОМЕРНИХ ФОРМ СИЛІЦІУ У ВИГЛЯДІ ЖОВТОЇ СИЛІЦІЙМОЛІБДЕНОВОЇ ГЕТЕРОПОЛІКИСЛОТИ

При взаємодії реакційноздатних мономерних форм силіцієвої кислоти з амоній молібдатом у кислому середовищі утворюється жовта силіціймолібденова гетерополікислота:



Визначенню заважають відновники, фосфати, фториди, сполуки феруму (III) при концентрації понад 20 мг/л. Впливу відновників можна позбутися введенням амоній персульфату, фосфатів – винної кислоти.

Методика визначення. 25 мл профільтрованої проби вміщують у колбу ємністю 100 мл, додають 1 мл хлоридної кислоти (1:1), 2,5 мл 50 % водного розчину амоній молібдату і через 10 хв 2,5 мл 10 % водного розчину винної кислоти. Суміш ретельно перемішують і через 10 – 15 хв вимірюють оптичну густину на фотоколориметрі за довжиною хвилі 420 нм з товщиною поглинального шару 1 см проти дистильованої води. При малих концентраціях силіцієвої кислоти (менше 5 мг SiO₃/л) доцільно використовувати кювети на 5 см.

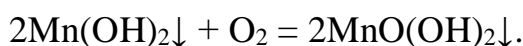
Парарельно вимірюють оптичну густину досліджуваної води, до якої замість розчинів реактивів додають такий же об'єм дистильованої води, і одержану величину віднімають від оптичної густини проби.

Для побудови градуовального графіка в мірні колби ємністю 25 мл відбирають піпеткою 0; 1,25; 2,5; 5,0; 10,0; 20,0 мл стандартного розчину натрій силікату з концентрацією 0,05 мг SiO₂/мл і доводять до мітки дистильованою водою. Концентрації цих розчинів відповідно дорівнюють 0; 2,5; 5,0; 10,0; 20,0; 40,0 мг SiO₂/л. Далі роблять як зазначено вище. Оптичну густину розчинів вимірюють відносно дистильованої води.

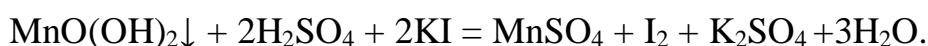
Лабораторна робота №4

ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ РОЗЧИНЕНОГО КИСНЮ В ПРИРОДНИХ ВОДАХ

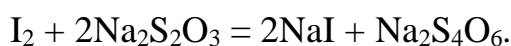
Визначення розчиненого кисню проводять одразу після відбору проби води. Розчинений кисень визначають у воді титриметрично методом Вінклера, що базується на його взаємодії з манган гідроксидом в лужному середовищі



У цьому випадку відбувається фіксація розчиненого кисню. При розчиненні виділеного осаду $\text{MnO}(\text{OH})_2$ у кислоті ($\text{pH} < 1$) в присутності надлишку калій йодиду утворюється йод, кількість якого еквівалентна вмісту розчиненого кисню:



Йод, який виділився, титрують розчином натрій тіосульфату в присутності індикатора крохмалю



За кількістю витраченого на титрування тіосульфату можна розраховувати вміст кисню у воді. Мінімальна кількість кисню, яку можна визначити цим методом, дорівнює 0,05 мг О/л.

Методика визначення. В мірну колбу об'ємом 250 мл за допомогою гумової трубки, яка опущена на дно колби, наливають 100 мл продної води. Опустивши піпетки на дно колби додають окремими порціями 1 мл 1 моль/л розчину манган сульфату та 1 мл лужної суміші (70 г КОН та 15 г КІ розчинених в 1 л дистильованої води). Закривають колбу корком і перемішують. Утворюється осад манган (II) гідроксид, який частково окиснюється до $\text{MnO}(\text{OH})_2$ розчиненим у воді киснем. Осад залишають на 10 хв, а потім додають 6 мл концентрованої хлоридної кислоти. Розчин перемішують до розчинення осаду. Відбирають піпеткою аліквоту 50 мл і титрують 0,01 н розчином натрій тіосульфату поки розчин не стане світло-

Лабораторна робота №5

ТЕМА: ВИЗНАЧЕННЯ ХІМІЧНОГО СПОЖИВАННЯ КИСНЮ (ХСК)

Теоретичне значення хімічного споживання кисню (ХСК) – це кількість кисню (або іншого окисника у перерахунку на кисень) у мг/л, яка необхідна для повного окиснення органічних речовин, що містяться в пробі води. Такі елементи, як Карбон, Гідроген, Сульфур, Фосфор та інші (крім Нітрогену), які присутні в органічній речовині, окиснюються до CO_2 , H_2O , P_2O_5 , SO_3 , Нітроген в кислому середовищі утворює іони NH_4^+ .

Вода вважається придатною для господарсько-питних цілей, якщо $\text{ХСК} < 3,0$ мг О /л, однак для живлення парових котлів вона може мати $\text{ХСК} < 5,1$ мг О /л.

Визначення ХСК треба проводити у свіжовідібраних пробах. Якщо це не можливо, тоді проби консервують, додаючи 2 мл сульфатної кислоти (2:1) на 100 мл проби. Проби питних, поверхневих та стічних вод консервують, якщо аналіз не буде проведений протягом 48 годин.

Методика визначення. У пробу води (1 – 5 мл) вносять 2,5 мл 0,25 моль/л розчину калій дихромату, потім 0,2 г меркурію (II) сульфату і додають при перемішуванні концентровану сульфатну кислоту (7,5 мл на 1,00 мл проби, 15 мл на 5,00 мл проби). Під час цього процесу температура розчину піднімається понад 100°C . Через 2 хв охолоджують розчин до кімнатної температури, додають 100 мл дистильованої води. В колбу додають 3-4 краплі розчину фероїну (1,485 г 1,10-фенантроліну і 0,695 г $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ розчиняють у воді і доводять водою до 100 мл). Відтитровують надлишок дихромату розчином солі Мора з концентрацією 0,25 моль/л.

Нульовий дослід готують таким чином: відбирають 20 мл дистильованої води і виконують усі вище названі вище операції.

ХСК, виражене числом мг О/л (C_x), обчислюють за формулою:

Лабораторна робота №6

ТЕМА: ФОТОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ФЕРУМУ (II) ТА ФЕРУМУ (III) З 1,10-ФЕНАНТРОЛІНОМ

Ферум є постійним компонентом природних вод, в яких воно міститься в формі сполук Fe (II) та Fe (III) в розчиненому, колоїдному та у стані зависей. Для визначення форм Феруму в різних ступенях окиснення проби попередньо обробляють або консервують додаванням 25 мл розчину натрій ацетату (68 г $\text{CH}_3\text{COOH}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ у 500 мл води) і 25 мл розчину ацетатної кислоти (166,7 мл льодяної CH_3COOH у 500 мл води) на 1 л проби.

Іони Fe (II) з 1,10-фенантроліном утворюють при рН 2 – 9 інтенсивно забарвлену в червоно-оранжевий колір комплексну сполуку, придатну для їх фотометричного визначення. Іони Fe (III) з цим реактивом утворюють сполуку, яка не заважає фотометричній реакції з іонами Fe (II).

Методика визначення розчиненого Fe (II). Відібрану швидко пробу фільтрують та додають 2 мл концентрованої хлоридної кислоти на 100 мл води і переносять у склянку з притертим корком так, щоб під корком не було пухирців повітря. Проби необхідно аналізувати не пізніше, ніж через 2 доби.

До проби природної води об'ємом 40 мл додають 1 мл 0,28 % водного розчину 1,10-фенантроліну і по краплям концентрований розчин аміаку до рН 3 – 4. Суміш ретельно переносять у мірну колбу на 50 мл. Доводять до мітки дистильованою водою, перемішують і вимірюють оптичну густину при 510 нм в кюветі з товщиною поглинального шару 1 см. За градууювальним графіком знаходять вміст Феруму.

Для побудови градууювального графіка у мірні колби на 50 мл вносять 0,0; 1,0; 2,5; 5,0; 7,5; 10,0; 15,0 мл стандартного розчину солі Fe (II) з концентрацією 0,01 мг Fe/мл і роблять, як зазначено вище.

Концентрацію Феруму (II), мг/л розраховують за формулою:

$$C = \frac{m \cdot 1000}{V} \quad (6.1.),$$

Теоретичні питання для самопідготовки

Тема: хімічний склад об'єктів природного середовища

1. Класифікація хімічних інградієнтів.
2. Кількісний склад матриці природних вод.
3. Якісний склад матриці природних вод.
4. Хімічні інградієнти природних вод.
5. Кисень, діоксид карбону в природних водах.
6. рН, окисно-відновний потенціал природних вод.
7. Нітроген та його сполуки в природних водах.
8. Фосфор та його сполуки в природних водах.
9. Силіцій та його сполуки в природних водах.
10. Ферум та його сполуки в природних водах.
11. Мікроелементи природних вод.
12. Органічні речовини природних вод.
13. Підземні води та їх властивості.
14. Головні іони морських та океанських вод.
15. Розчинені гази морських та океанських вод.
16. Біогенні, мікроелементи та органічні сполуки морських та океанічних вод.
17. Хімічний склад атмосферного повітря.
18. Основні забрудники повітря природного походження.
19. Основні забрудники повітря антропогенного походження.
20. Первинні та похідні забруднювачі повітря.
21. Тверді та рідкі аерозолі, їх класифікація.
22. Хімічний склад ґрунтів та донних відкладів.
23. Якісний склад мінеральної частини ґрунту та донних відкладів.
24. Біогенні елементи та мікроелементи ґрунтів та донних відкладів.
25. Органічна складова ґрунтів.
26. Аеробні та анаеробні процеси в ґрунті.

**Тема: характеристика методів та особливості аналізу
об'єктів природного середовища.**

1. Загальна схема та основні етапи аналізу.
2. Прості, змішані проби. Одноразові, серійні проби.
3. Варіанти серійного відбору проб води.
4. Місця відбору проб природної води.
5. Відбір проб річок та струмків.
6. Відбір проб озер, ставків, водосховищ
7. Відбір проб атмосферних опадів.
8. Консервація, транспортування та зберігання проб води.
9. Вимоги до відбору проб атмосферного повітря.
10. Вимоги до відбору проб повітря робочої зони.
11. Рідкі поглиначі для відбору проб повітря.
12. Тверді сорбенти для відбору проб повітря.
13. Фільтри для відбору проб повітря.
14. Похибки при відборі проб повітря.
15. Середня та лабораторні проби для відбору ґрунтів та донних відкладів.
16. Валовий аналіз ґрунтів та донних відкладів.
17. Катіонообмінна здатність ґрунтів та донних відкладів.
18. Форми NPK в ґрунтах та донних відкладах.

Тема: методики аналізу об'єктів природного середовища.

1. Інтегральні та індивідуальні показники якості води.
2. Визначення фізичних властивостей води: температура, густина, прозорість, каламутність, корьоровість, смак, запах, зависі, окисно-відновний потенціал, питома електропровідність, загальний нітроген, загальний фосфор, хімічне споживання кисню, біохімічне споживання кисню.
3. Визначення розчиненого кисню в природних водах.
4. Визначення сульфідів та сірководню в природних водах.
5. Визначення кислотності, лужності, компонентів карбонатної системи та агресивного діоксиду карбону.
6. Визначення нітратів у природних водах.
7. Визначення Феруму в природних водах.
8. Визначення важких металів у природних водах.
9. Визначення металів та їх сполук у повітрі.
10. Визначення газуватих сполук (аміаку, діоксиду карбону, діоксиду сульфуру, хлору, хлороводню, фтороводню) у повітрі.
11. Визначення органічних сполук у повітрі.
12. Визначення валового складу, гігроскопічної води, втрат при прожарюванні у ґрунтах та донних відкладах.
13. Визначення вмісту мінеральних речовин ($C_{орг.}$, $N_{орг.}$, $N_{заг.}$, CO_2) в ґрунтах та донних відкладах.
14. Визначення мінеральної частини ґрунту: силіцію, алюмінію, феруму, мангану.
15. Визначення катионообмінної здатності ґрунтів (гіпсоносність, засоленість, солонцюватість, кислотності, обмінної кислотності ґрунтів).
16. Визначення доступних форм живлення рослин (NPK).

Література

1. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: підруч. / Г. І. Гринь, В. І. Мохонько, О. В. Суворін та ін. – Сєверодонецьк : вид-во СНУ ім. В. Даля, 2019. – 420 с.
2. Ткачук О.П. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: курс лекцій та лабораторний практикум: навчальний посібник. – Вінниця: РВ ВНАУ, 2014. – 157 с.
3. Чугай А.В. Моніторинг довкілля. Методи вимірювань параметрів навколишнього природного середовища. Конспект лекцій для студентів напряму підготовки «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». – Одеса: «ТЕС», 2014. – 67 с.
4. Коваленко Ю. Л. Моніторинг довкілля : конспект лекцій для студентів 2 і 3 курсів денної та 3 курсу заочної форм навчання за спеціальностями 183 – Технології захисту навколишнього середовища та 101 – Екологія / Ю. Л. Коваленко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 144 с.
5. Екологічний моніторинг довкілля. [Електронний ресурс] Режим доступу до ресурсу: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/ekologichnyj-monitoryng-dovkillya/>
6. Ознайомитись з темами. [Електронний ресурс] Режим доступу до ресурсу: https://nmetau.edu.ua/file/metodi_vimryuvannya_parametriv_dovkillya_.pdf
7. Лекція. [Електронний ресурс] Режим доступу до ресурсу: <https://kc.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/11/2018/01/Lec-7M.pdf>

Навчально-методичне видання

Савчук Тетяна Іванівна,
Корольчук Світлана Іванівна

Аналіз та контроль параметрів довкілля

Методичні рекомендації для лабораторних робіт

Друкується в авторській редакції

Формат 60x84 1 /16. Обсяг 3,02 ум. друк. арк., 2,96 обл.-вид. арк. Наклад 50 пр. Видавець і виготовлювач – Вежа-Друк (м. Луцьк, вул. Шопена, 12, тел. (0332) 29-90-65).

Свідоцтво Держ. комітету телебачення та радіомовлення України ДК № 4607 від 30.08.2013 р.