НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Декан агробіологічного факультету
доктор с.г. наук, професор
_____ **О.Л. Тонха**
«____»_____2023 р.

РОЗГЛЯНУТО І СХВАЛЕНО

на засіданні кафедри аналітичної і
біонеорганічної хімії та якості води
Протокол № 9 від « 9 » 05 2023 р.
Завідувач кафедри
д.х.н., професор __ _____В.А. Копілевич

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ПОГРІШНОСТЕЙ ПРИ ОЦІНЮВАННІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ`ЄКТІВ ДОВКІЛЛЯ»

1. Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий) рівень
2. Галузь знань : 10 Природничі науки
3. Спеціальність: 102 Хімія
4. Освітньо-наукова програма: Хімія
5. Гарант ОНП : Копілевич Володимир Абрамович
6. Розробник: доцент кафедри, кандидат хім. наук Войтенко Л.В.

Київ – 2023

1. Опис навчальної дисципліни

«Особливості формування погрішностей при оцінюванні екологічної безпеки об`єктів довкілля»

(назва)

Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь		
Галузь знань	10 Природничі науки	
Освітньо-науковий рівень	третій	
Освітній ступінь	доктор філософії	
Спеціальність	102 «Хімія»	
Освітньо-наукова програма	Хімія	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	вибіркова	
Загальна кількість годин	150	
Кількість кредитів ECTS	5	
Кількість змістових модулів	3	
Курсовий проект (робота)	Не передбачено	
Навчальна практика	Не передбачено	
Форма контролю	екзамен	
Показник навчальної дисципліни для денної та заочної форми навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки (курс)	2	2
Семестр	3	3
Лекційні заняття	20	10
Практичні, семінарські заняття	30	20
Лабораторні заняття		
Навчальна практика	-	-
Самостійна робота	100	120
Індивідуальні завдання		
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	5	5

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Предмет дисципліни «Особливості формування погрішностей при оцінюванні екологічної безпеки об`єктів довкілля» є вивчити основи метрологічного оцінювання хімічних, фізико-хімічних аналітичних методів, які застосовуються у проведенні оцінювання стану довкілля (повітря, води, ґрунту, рослинних та тваринних організмів тощо); освоїти методи визначання можливих джерел виникнення погрішностей (випадкових та систематичних) та їхнього усунення; навчитися інтерпретації (оцінювати відтворюваність, достовірність, точність та правильність) даних аналізів з урахуванням мінливості складу та властивостей об'єктів дослідження у часі та просторі.

Метою вивчення дисципліни є розширення уявлень про специфіку хімічної метрології, способах обробки та узагальнення аналітичної інформації, основних джерелах погрішностей та їхньої всебічного оцінювання при виконанні досліджень стану об'єктів навколишнього середовища.

Задача дисципліни: розвиток у здобувачів уявлень про джерела та формування погрішностей при аналізі об'єктів довкілля, способах оцінювання правильності та прецизійності результатів аналітичних досліджень, освоєння положень нормативних документів в області хімічної метрології та набуття навичок застосування одержаних знань в практичній діяльності з метою оцінювання систематичних, випадкових погрішностей, промахів результатів аналізу об'єктів навколишнього середовища, ознайомлення з принципами хемометрики (науки на стику прикладної математики та хімії, що застосовується для вирішення описових та інтелектуальних задач в хімічному аналізі): дисперсійного, кореляційного, регресійного аналізу.

Прикладом **актуальності** мети дисципліни, задач та її предмету може слугувати наступний факт. Для ряду нормованих параметрів якості води межі визначення (чутливість) типових аналітичних методів та методик, які використовуються у більшості вимірювальних лабораторій світу, вища, ніж встановлена величина гранично допустимих концентрацій (ГДК) (табл. 1). На такий абсурдний момент звертається увага в звіті, підготованому при виконанні програми ООН з систем глобального моніторингу довкілля «Доповідь про розвиток глобального індексу якості питної води та аналіз чутливості» (Global Drinking Water Quality Index Development and Sensitivity Analysis Report. Prepared and published by the United Nations Environment Programme Global Environment Monitoring System (GEMS)/Water Programme – 2007. – United Nations Environment Programme Global Environment Monitoring System/Water Programme. – Ontario, Canada. – 58 p. *http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/global_drinking_water_quality_index.pdf*. Слід відмітити, що більшість вказаних в табл. 1 показників санітарно-гігієнічної групи якраз і відносяться до речовин 1 та 2 класу небезпеки.

Таблиця 1 – Показники якості води, межа визначення яких аналітичними методами вища, ніж нормативи ВООЗ

Група показників якості питної води, до яких відноситься параметр	Параметр	Межа визначення	Норматив, одиниці вимірювання
Санітарно-гігієнічні	Миш'як	0,013 – 0,8	0,01 мг As/дм^3
	Кадмій	0,0038 – 5	0,003 мг Cd/дм^3
	Хром	0,07 – 2	0,05 мг Cr/дм^3
	Мідь	5	2 мг Cu/дм^3
	Свинець	0,011 – 1	0,01 мг Pb/дм^3
	Марганець	1 – 1,1	0,4 мг Mn/дм^3
	Ртуть	2 – 200	1 мкг Hg/дм^3
Органолептичні	Алюміній	0,102 – 1	0,1 мг Al/дм^3
	Залізо	0,5 – 1,2	0,3 мг Fe/дм^3
Мікробіологічні	Фекальні колі-форми	16-110000	10 КУО/100 мл

Основними дисциплінами, вивчення яких повинно передувати освоєнню даного курсу, є:

- Неорганічна, аналітична, фізична, колоїдна хімія;
- Основи статистики та метрології;
- Інформаційні технології;
- Екотоксикологія;
- Методологія організації наукових досліджень;
- Природоохоронне законодавство;
- Екологічний моніторинг довкілля;
- Природоохоронний контроль;
- Нормативно-правове регулювання природоохоронної діяльності;
- Професійна екологічна діяльність експерта екологічного контролю.

Освоєння курсу повинно забезпечити знання методології пошуку та визначання причин виникнення та джерел погрішностей хімічного аналізу об'єктів навколишнього середовища; освоєння навичок раціональних прийомів розрахунку основних кількісних показників вибірки, систематичних та випадкових погрішностей аналізу, тобто вміння оцінити правильність та точність результатів, виявити екстремальні значення та оцінити їхню достовірність. Здобувач повинен освоїти методи та підходи грамотної математичної обробки результатів експериментальних визначень, в тому числі аналізуючи великі за об'ємом масиви багаторічних спостережень для оцінювання тенденцій (наприклад, змін клімату).

Опанування цієї дисципліни дає майбутнім спеціалістам можливість кваліфіковано оцінювати результати аналітичних досліджень стану компонентів біосфери та техносфери; проводити математичну обробку з використанням принципів кореляційного, регресивного аналізу для побудови екологічних моделей (наприклад, функціонування біогеоценозів, процесів

евтрофікації природних водних об’єктів; розподілу забруднення повітря тощо).

В результаті вивчення дисципліни здобувач повинен:

з н а т и:

- Підходи та методи хімічної метрології, оцінку аналітичного вимірювання як метрологічну процедуру;
- Методи науково обґрунтованої математичної обробки результатів експерименту, в тому числі великих за об’ємом масивів даних, які одержують в процесі моніторингу стану навколишнього середовища;
- Як виконувати вимоги нормативних документів при обробці результатів аналізу навколишнього середовища;
- Процедури виявлення недостовірних результатів на джерел появи погрішностей;
- Як виконувати вимоги нормативних документів при оброблюванні результатів обробки даних щодо аналізу стану довкілля;

в м і т и:

- Використовувати регресійний та кореляційний аналіз;
- Використовувати критерії оцінюванні вибірок, табличні та корельовано величини;
- Користуватися програмними інструментами для статичтисної обробки результатів аналітичних досліджень та пошуку джерел погрішностей: MS Excel; пакетів безкоштовних програм (наприклад, Sicyon calculator v5.8 (http://www.sicyon.com/); FreeMAth (http://freemat.sourceforge.net/) та інших);
- Створювати нові знання через оригінальні дослідження, якість яких може бути визнана на національному та міжнародному рівнях;
- брати участь у наукових дискусіях на міжнародному рівні, відстоювати свою власну позицію на конференціях, семінарах та форумах;
- Брати участь у критичному діалозі та зацікавити результатами дослідження;
- Проводити критичний аналіз різних інформаційних джерел, конкретних освітніх, наукових та професійних текстів у галузі екологічної безпеки, екологічної хімії, екології та суміжних галузей;
- Критично сприймати та аналізувати чужі думки й ідеї, шукати власні шляхи вирішення проблеми, здійснювати критичний аналіз власних матеріалів.

Навчальна дисципліна забезпечує формування ряду компетентностей:

Загальні компетентності:

ЗК2. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних наукових джерел. Здатність працювати з різними джерелами інформації, аналізувати та систематизувати її, виявляти не вирішені раніше задачі (проблеми) або їх частини, формулювати наукові гіпотези.

ЗК3. Здатність формувати системний науковий світогляд, генерувати нові ідеї (креативність), продукувати і приймати обґрунтовані рішення.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності

ФК4. Володіння загальною методологією здійснення наукового дослідження, здатність організовувати, планувати та реалізовувати хімічний експеримент, обчислювати та обробляти отримані дані.

ФК5. Здатність інтерпретувати дані, отримані при лабораторних експериментах та вимірюваннях і прив'язувати їх до відповідної теорії та брати участь у наукових дискусіях на міжнародному рівні, відстоювати свою власну позицію.

ФК7. Вміння самостійно виконувати науково-дослідну діяльність, необхідну для подальшого професійного розвитку в галузі хімії з використанням сучасних теорій, методів та інформаційно-комунікаційних технологій.

Програмні результати навчання:

ПР1. Розуміти наукові концепції та сучасні теорії хімії та фундаментальних основ суміжних наук. Вміти критично оцінювати гіпотези в галузі хімічних наук. Формулювати концептуальні основи сучасного розуміння хімічного рівня організації матерії, філософію наукового пізнання.

ПР2. Висувати гіпотези в області хімічних досліджень, обґрунтовувати їх, спираючись на аналіз наукових публікацій провідних вчених та власні ідеї.

ПР3. Вміти проводити науковий бібліографічний пошук по основним наукометричним базам, узагальнювати та інтерпретувати результати такого пошуку.

ПР8. Збирати, оцінювати та аналізувати дані, необхідні для розв'язання задач хімії, використовуючи відповідні методи та інструменти роботи з даними.

ПР9. Володіти основами статистичної обробки масивів чисельних даних та вміти інтерпретувати результати експериментальних досліджень.

ПР13. Розуміти принципи побудови кількісних моделей геохімічних циклів органогенів, макро- та мікроелементів, токсикантів; хімічний механізм дії геохімічних бар'єрів на міграцію хімічних елементів у довкіллі.

3. Структура навчальної дисципліни

- повного терміну денної (заочної) форми навчання

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
Змістовий модуль 1. Загальні концепції хімічної метрології в аналізі довкілля												
Тема 1. Вступ. Предмет, задачі, значення дисципліни для екологічних досліджень. Специфіка хімічного аналізу як метрологічної дисципліни.	12	2	1			9	12	1				11
Тема 2. Загальні метрологічні характеристики методів аналізу довкілля (чутливість, мінімальна	15	2	3			10	14	1		2		11

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
(гранична) концентрація тощо)												
Тема 3. Характеристика основних технічних засобів вимірювання параметрів довкілля	23	2	2			19	24	1		2		21
Всього модуль 1:	50	6	6			38	50	3		4		43
Змістовий модуль 2. Основні поняття математичної статистики у застосуванні до аналізу об'єктів навколишнього середовища												
Тема 4. Основні положення математичної статистики та випадкові погрішності. Стандартне відхилення, дисперсія, довірчий інтервал. Систематичні погрішності, джерела та методи усунення.	18	2	6			10	18	1		6		11
Тема 5. Нормальний розподіл Гауса, його властивості та застосування для аналізу об'єктів довкілля. Асиметрія та ексцеси розподілу випадкових величин при аналізі природних об'єктів. Розподіли Стьюдента, Пірсона, Фішера, Кохрена. Викиди.	28	4	6			18	28	2		4		22
Всього модуль 2:	46	6	12			28	46	3		10		33
Змістовий модуль 3. Регресійний, кореляційний та дисперсійний аналізи												
Тема 6. Регресійний та кореляційний аналіз та їх застосування в аналізі параметрів об'єктів довкілля.	26	4	6			16	26	2		2		22
Тема 7. Дисперсійний аналіз в аналітичній хімії. Методи оцінювання відтворюваності результатів при аналізі об'єктів навколишнього середовища.	28	4	6			18	28	2		4		22
Всього модуль 3:	54	8	12			34	54	4		6		44
Усього годин	**150**	**20**	**30**			**100**	**150**	**10**		**20**		**120**

4. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин, денна/заочна
1.	Вимірювальні перетворення. Розмір та значення фізичної величини. Основні та похідні величини, вимірювальне перетворення. Класифікація вимірювань Принципи, методи та методики вимірювання. Засоби вимірювання, умови вимірювання та їхній вплив на погрішності	3/2
2.	Систематичні похибки хімічного аналізу. Три типи систематичної похибки, постійна та пропорційна систематичні похибки. Методи їх визначення.	3/2
3.	Похибки реактивні (класи чистоти реактивів) методичні, інтерпретації. Похибки абсолютні та відносні, сталі та пропорційні	2/2
4.	Нормальний розподіл. Функція нормального розподілу. Принципи, які лежать в основі закону нормального розподілу. Деякі спеціальні розподіли. t-розподіл (розподіл Стьюдетна), f-розподіл (розподіл Фішера). Перевірка нормальності розподілу. Критерій відповідності χ^2 (ксі-квадрат). Наближені методи перевірки нормальності розподілу. Логарифмічно нормальний розподіл. Порівняння дисперсій.	10/6
5.	Вибірка, оцінка її однорідності. Відтворюваність результату хімічного аналізу. Методи визначення відтворюваності. Критерії Бартлета, Фішера, Кохрана.	6/4
6.	Джерела виникнення погрішностей при аналізі ґрунтів, повітря, природних вод.	6/4
Разом по лабораторним роботам		**30/20**

5. Критерії оцінювання

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин (лекції/ лаб)	Види робіт, які оцінюються	Кількість балів за видами робот
Змістовний модуль 1. Загальні концепції хімічної метрології в аналізі довкілля			
Тема 1. Вступ. Предмет, задачі, значення дисципліни для екологічних досліджень. Специфіка хімічного аналізу як метрологічної дисципліни.	2/0	**Лаб 1**. Вимірювальні перетворення. Розмір та значення фізичної величини. Основні та похідні величини, вимірювальне перетворення. Класифікація вимірювань Принципи, методи та методики вимірювання. Засоби вимірювання, умови вимірювання та їхній вплив на погрішності. **Модульний тест**	100
Тема 2. Загальні метрологічні характеристики методів аналізу довкілля (чутливість, мінімальна (гранична) концентрація тощо)	2/2		
Тема 3. Характеристика основних технічних засобів вимірювання параметрів довкілля	2/2		
Всього:	**6/4**		**100**

Змістовний модуль 2. Основні поняття математичної статистики у застосуванні до аналізу об'єктів навколишнього середовища			
Тема 4. Основні положення математичної статистики та випадкові погрішності. Стандартне відхилення, дисперсія, довірчий інтервал. Систематичні погрішності, джерела та методи усунення.	2/4	**Лаб 2.** Систематичні похибки хімічного аналізу. Три типи систематичної похибки, постійна та пропорційна систематичні похибки. Методи їх визначення.	
Тема 5. Нормальний розподіл Гауса, його властивості та застосування для аналізу об'єктів довкілля. Асиметрія та ексцеси розподілу випад-кових величин при аналізі природних об'єктів. Розподіли Стьюдента, Пірсона, Фішера, Кохрена. Викиди.	4/6	**Лаб 3.** Похибки реактивні (класи чистоти реактивів) методичні, інтерпретації. Похибки абсолютні та відносні, сталі та пропорційні **Лаб 4.** Нормальний розподіл. Функція нормального розподілу. Принципи, які лежать в основі закону нормального розподілу. Деякі спеціальні розподіли. t-розподіл (розподіл Стьюдетна), f-розподіл (розподіл Фішера). Перевірка нормальності розподілу. Критерій відповідності χ^2 (ксі-квадрат). Наближені методи перевірки нормальності розподілу. Логарифмічно нормальний розподіл. Порівняння дисперсій. **Розрахункове завдання** **Модульний тест**	 60 40
Всього:	**6/10**		**100**
Змістовий модуль 3. Регресійний, кореляційний та дисперсійний аналізи			
Тема 6. Регресійний та кореляційний аналіз та їх застосування в аналізі параметрів об'єктів довкілля.	4/2	**Лаб 5.** Вибірка, оцінка її однорідності. **Лаб 6.** Відтворюваність результату хімічного аналізу. Методи визначення відтворюваності. Критерії Бартлета, Фішера, Кохрана. **Розрахункове завдання** **Модульний тест**	 **80** **20**
Тема 7. Дисперсійний аналіз в аналітичній хімії. Методи оцінювання відтворюваності результатів при аналізі об'єктів навколишнього середовища.	4/4		
Всього:	**8/6**		**100**
Разом:	**20/20**		
Навчальна робота:			300/70
Іспит			30
Всього:			100

6. Контрольні питання для визначення рівня засвоєння знань здобувачами.

1. Предмет хімічної метрології відносно аналітичних досліджень обєктів довкілля, мета, задачі, методи, специфіка методів пробовідбору та планування аналітичних досліджень.
2. Специфіка хімічного аналізу як метрологічної дисципліни.
3. Загальні метрологічні характеристики аналітичних методів аналізу обєктів довкілля: чутливість, мінімальна (гранична) концентрація.
4. Похибки в хімічному аналізу, їхня класифікація (за способом вираження, за характером прояву; за характером залежності погрішності (додатані чи від'ємні); за типом зв'язку між погіршністю та вимірюваною величиною; за джерелом походження - інструментальні, реактивні, метоличні);
5. Похибки абсолютні та відносні, сталі та пропорційні.
6. Погрішності засобів вимірювання та їхнє нормування. Клас точності засобів вимірювання. Способи повірки засобів вимірювання.
7. Класифікація вимірювань (за точністю, по кількості вимірювань, за характером зміни вимірюваної речовини у часі та просторі, за способом одержання результатів; за умовами, які визначають точність вимірювань; за способом виразу результатів вимірювання).
8. Шляхи мінімізації похибок.
9. Систематичні похибки хімічного аналізу. Три типи систематичних похибок, методи їх визначення.
10. Оцінка систематичної погрішності за стандартним зразком.
11. Прийоми мінімізації інструментальних похибок – рандомізація та релятивізація.
12. Методи усування реактивних похибок, їхня інтерпретація.
13. Статистичний аналіз результатів хімічного експерименту - вимірювання показників складу та властивостей обкатів довкілля.
14. Вибірка, оцінювання її однорідності.
15. Довірчі інтервали і оцінка їх величини.
16. Порівняння методик аналізу за показником відтворюваності.
17. Порівняння дисперсій. Виділення більшої дисперсії із багатьох. Значення, які підозріло виділяються (грубі промахи, викиди).
18. Перевірка нормальності розподілу. Критерій відповідності $\chi 2$ (ксі-квадрат). Наближені методи перевірки нормальності розподілу. Логарифмічно нормальний розподіл.
19. Відтворюваність результату хімічного аналізу. Методи визначення відтворюваності. Критерії Бартлета, Фішера, Кохрана.
20. Розподіл дискретних випадкових величин. Розподіл Пуазона.
21. Значущі цифри і правила округлення.
22. Концепція невизначеності в хімічних вимірюваннях.

23. Критерії для оцінювання викидів результатів вимірювань при аналізі об’єктів навколишнього середовища.
24. Проблеми, які вирішуються при обробці результатів аналізу об’єктів навколишнього середовища.
25. Особливості формування погрішностей аналізу ґрунтів.
26. Погрішності хімічного аналізу повітря. Роль погрішностей пробовідбору.
27. Специфіка формування погрішностей аналізу природних вод.
28. Формування погрішностей аналізу водних розчинів різної природи.
29. Роль хімічного аналізу в системі моніторингу об’єктів навколишнього середовища та об’єктивності результатів.
30. Концепція ГДК (гранично допустимого рівня) та ОБРВ (орієнтовно безпечних рівнів впливу) з точки зору метрологічних характеристик методів їхнього визначення.

7. Методи навчання

Під час вивчення дисципліни використовуються нормативні документи, наочне обладнання, комп’ютерні програми з відповідним програмним забезпеченням, наочні стенди, каталоги нормативних документів, Закони України тощо.

8. Форми контролю

1. Усний і письмовий поточний контроль знань.
2. Форми дистанційного контролю на платформі E-learn.
3. Формою самостійної роботи здобувача є вивчення спеціальної літератури та виконання індивідуальних завдань.

3. Екзамен.

9. Методичне забезпечення

Науково-методичне забезпечення навчального процесу передбачає: навчальні плани, підручники і навчальні посібники; інструктивно-методичні матеріали лабораторних занять; державні стандарти, індивідуальні навчально-дослідні завдання; контрольні роботи; текстові та електронні варіанти тестів для поточного і підсумкового контролю, методичні матеріали для організації самостійної роботи здобувачів.

10. Рекомендована література

Основна

1. Аналітична хімія природного середовища: Підручник / Б. Й. Набиванець, В. В. Сухан, Л. В. Калабіна. К.: Либідь, 1996. 304 с.
2. Дьорфель, К. Статистика в аналітичній хімії / К. Дьорфель. Київ : Наук. думка, 1994. 268 с. Режим доступу: https://studizba.com/files/show/djvu/1801-4-k-derffel--statistika-v-analiticheskoy.html
3. Хімія навколишнього середовища: Навчальний посібник /В.А. Копілевич, Л.В. Войтенко, С.Д. Мельничук, М.Д. Мельничук. К.: Фенікс, 2004. – 408 с.
4. Петровська М. Стандартизація, метрологія і сертифікація довкілля: навчальний посібник [Електронний ресурс] / М. Петровська. Львів: Видавничий центр імені Івана Франка, 2010. 420 с. Режим доступу: https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2015/02/Petrov.pdf.
5. Посудін Ю.І. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: Підручник [Електронний ресурс] /Ю.І. Посудін. - Київ: Світ, 2003. - 288 с. Режим доступу: http://eco.com.ua/content/posudin-yui-metody-vymiryuvannya-parametriv-navkolyshnogo-seredovyshcha.
6. Основи метрології: [Електронний ресурс]: навч. посіб. / В. У. Ігнаткін, О. В. Томашевський, В. М. Матюшин. Запоріжжя : Запорізький національний техніч□ний університет, 2017. 120 с. Режим доступу: https://eir.zp.edu.ua/bitstream/123456789/2174/1/Yhnatkyn_Basics_of_metrology.pdf.

Додаткова

1. Хімічні та фізико-хімічні методи аналізу в екологічних дослідженнях / Ломницька Я.Ф., Чабан Н.Ф. Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2009. 304 с.
2. Основи метрології та засоби вимірювань: навчальний посібник [Електронний ресурс] / Д.М.Нестерчук, С.О. Квітка, С.В. Галько. – Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2017. 256 с. Режим доступу: https://core.ac.uk/download/pdf/161264979.pdf
3. Аналітична хімія. Підручник для вищих навчальних закладів [Електронний ресурс] / А.С. Алемасова, В.М. Зайцев, Л.Я. Єнальєва, Н.Д. Щепіна, С.М. Гождзінський / Під ред. В.М. Зайцева. – Донецьк: ДонНУ, 2009. –415 с. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/profile/Vladimir-Zaitsev-2/publication/317318918_ANALITICNA_HIMIA_Analytical_Chemistry/links/5931dfeaaca272fc55084181/ANALITICNA-HIMIA-Analytical-Chemistry.pdf.
4. Pradyot Patnaik. Handbook of Environmental Analysis Chemical Pollutants in Air, Water, Soil and Solid Wastes [Electron source]/ P. Patnaik. – CRC Press, 2010. - &67 pp. – Available at: https://www.academia.edu/20302429/Handbook_of_Environmental_Analysis_Chemical_Pollutants_in_Air_Water_Soil_and_Solid_Wastes.

5. Linsinger, T. The Role of Reference Materials in Chemical Metrology / T. Linsinger, E. Hendrik //. CHIMIA International Journal for Chemistry. – 2009. – Vol. 63. – P/ 629-631. 10.2533/chimia.2009.629.

11. Інформаційні та нормативні ресурси

1. ДСТУ 2681-94 Державний стандарт України. Метрологія. Терміни та визначення. – Режим доступу: https://metrology.com.ua/ntd/skachat-dstu-gost-gost-r/dstu/dstu-2681-94.

2. Методичні вказівки «Обгрунтування орієнтовних безпечних рівнів впливу (ОБРВ) хімічних речовин в атмосферному повітрі населених місць» (затверджено наказом № 485 МОЗ України від 7 жовтня 2004 р.). – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v5203400-90#Text

3. Наказ Мінекономрозвитку України «Про затвердження міжповірочних інтервалів законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки, що перебувають в експлуатації, за категоріями» 13.10.2016 № 1747. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1417-16#Textю.4

4. Наказ Мінекономрозвитку України «Про затвердження визначень основних одиниць SI, назв та визначень похідних одиниць SI, десяткових кратних і частинних від одиниць SI, дозволених позасистемних одиниць, а також їх позначень та Правил застосування одиниць вимірювання і написання назв та позначень одиниць вимірювання і символів величин» 04.08.2015 № 914. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1022-15#Text

5. ДСТУ 7392:2013 Метрологія. Атестація методик виконання вимірювання. Основні положення та порядок виконання

6. СОУ РУ 71.20-02568064.003:2015 Регіональна система забезпечення єдності вимірювань. Атестація обладнання. Загальні вимоги та порядок проведення

7. СОУ РУ 71.20-02568064.004:2015 Регіональна система забезпечення єдності вимірювань. Метрологічний моніторинг. Загальні вимоги та порядок проведення.