

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з науково-педагогічної  
роботи та розвитку


  
С.М. Кваша

« 19 » 05 2022 р.

РОЗГЛЯНУТО І СХВАЛЕНО

на засіданні вченої ради  
агробіологічного факультету

Протокол № 3 від « 18 » 05 2022 р.

Декан факультету  О.Л. Тонха

на засіданні кафедри аналітичної і біонеорганічної  
хімії та якості води

Протокол № 11 від « 10 » 05 2022 р.

Завідувач кафедри  В.А. Копілевич

РОБОЧА ПРОГРАМА

педагогічної (асистентської) практики

«АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ХІМІЧНИХ ТА БІОГЕОХІМІЧНИХ  
ОБ'ЄКТІВ»

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. Розробники: завідувач кафедри, доктор хім. наук, професор Копілевич В.А.

Київ – 2022 р.

## 1. Опис педагогічної практики

### «АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ХІМІЧНИХ ТА БІОГЕОХІМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ»

(назва)

Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь		
Галузь знань	10 Природничі науки	
Освітньо-науковий рівень	третій	
Освітній ступінь	доктор філософії	
Спеціальність	102 «Хімія»	
Профіль освітньо-наукової програми	Екологічна безпека	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	обов'язкова	
Загальна кількість годин	120	
Кількість кредитів ECTS	4	
Кількість змістових модулів	3	
Курсовий проект (робота)	Не передбачено	
Навчальна практика	60/60	
Форма контролю	залік	
Показник навчальної дисципліни для денної та заочної форми навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки (курс)	3	3
Семестр	6	6
Лекційні заняття		
Практичні, семінарські заняття		
Лабораторні заняття		
Навчальна практика	60	60
Самостійна робота	60	60
Індивідуальні завдання		
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	10	10

## ВСТУП

Хімічний аналіз є одним із найбільш важливих інструментів в екологічних дослідженнях, а також для підготовки фахівців-екологів. При цьому перелік посад, які може займати еколог, досить широкий: це і співробітник лабораторії контролю якості об'єктів довкілля, і мікробіологічної лабораторії, лабораторії біохімічного аналізу медичних закладів, експертно-криміналістичних лабораторій, станцій водопідготовки та очищення стічних вод, екологічного контролю стану навколишнього середовища. Всі області виробничої діяльності вимагають глибоких теоретичних знань та практичних навичок виконання аналітичних досліджень широкого спектру об'єктів природного чи штучного походження. Тому навчальна дисципліна «Аналітична хімія» є обов'язковим компонентом фундаментальної підготовки студентів зі спеціальності екологічна безпека.

Теоретичні знання та практичні навички, набуті в процесі освоєння аналітичної хімії, необхідно вміти застосовувати при виконанні конкретних виробничих задач. При цьому виникає необхідність складання програми дослідження, вибору методу та методик якісного та кількісного аналізу – тобто багатопараметричного елементного аналізу об'єкту довкілля чи його моделі.

Тому задача навчальної практики – сформулювати у аспірантів уявлення про методи характеристики хімічного складу природних чи штучних об'єктів з врахуванням оцінки екологічної ситуації, дати практичні навички роботи з використанням сучасного обладнання для аналізу, забезпечити застосування одержаних знань для дослідження у межах реальної виробничої ситуації. Аспіранти повинні будуть самостійно вивчити рекомендовану наукову літературу, провести експериментальні дослідження, проаналізувати одержані результати з точки зору відповідності встановленим нормативним вимогам до екологічних параметрів довкілля, при перевищенні встановлених нормативів запропонувати методи очищення стічних вод та оцінити їхню ефективність.

Як підсумок аспіранти складають звіт відповідно до вимог ДСТУ 3008-95 Документація. Звіти в області науки і техніки і захищають його. Форма контролю знань – залік.

## 1. МЕТА Й ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНО-ПЕДАГОГІЧНОЇ ПРАКТИКИ

Завершальним етапом навчальної хімічної підготовки аспіранта є проходження навчальної практики (виконання спецпрактикуму). Зв'язок між теоретичним матеріалом і безпосередньою роботою в лабораторії підвищує ефективність засвоєння курсу хімії і сприяє формуванню навиків виконання аналітичних досліджень.

1.1 Метою навчальної практики аспірантів є набуття та вдосконалення навичок і вмінь виконання аналітичного експерименту і його навчально-методичне забезпечення.

1.2 У процесі проходження навчальної практики аспіранти повинні оволодіти такими компонентами:

- ✓ предметними, що є важливими для успішної професійної діяльності за спеціальністю 102 «Хімія»;
- ✓ передовими концептуальними та методологічними знаннями в галузі професійної діяльності і на межі предметних галузей «Неорганічна хімія» та «Екологічна безпека»;
- ✓ розробкою та реалізацією проектів, включаючи власні дослідження, які мають можливість переосмислити наявні та створити нові цілісні знання розв'язувати значущі соціальні, наукові, культурні, етичні та інші завдання;
- ✓ критичний аналіз, оцінювання і синтез нових ідей;
- ✓ спілкування у діалоговому режимі з широкою науковою спільнотою та громадськістю в певній галузі наукової та професійної діяльності.

1.3 В процесі проходження навчальної практики аспіранти повинні знати:

- організацію навчального процесу у закладі вищої освіти;
- структуру та зміст викладацької діяльності;
- методику підготовки і проведення занять, організацію самостійної та індивідуальної роботи;
- основи педагогіки вищої школи.

1.4 Основними завданнями навчальної практики є:

- ✓ Закріплення та поглиблення теоретичних знань, набуття навичок самостійної роботи з літературою, вибір методів і методик аналізу;
- ✓ Планування структури, розроблення методики й здійснення підготовки до проведення лабораторних занять;
- ✓ Написання планів-конспектів лабораторних занять;

- ✓ Моніторинг, аналіз та підготовка методичного забезпечення з навчальної практики;
- ✓ Налагодження контакту й організація педагогічної взаємодії зі студентами;
- ✓ Організація самостійної роботи студентів;
- ✓ Аналіз педагогічних ситуацій та самостійне прийняття рішень щодо вирішення проблем;
- ✓ Вироблення індивідуального стилю організації педагогічної взаємодії та пізнавальної діяльності студентів.
- ✓ Використання набутих умінь при якісному і кількісному аналізі об'єктів дослідження;
- ✓ Розвиток навичок аспіранта до наукового аналізу отриманих результатів експериментів;
- ✓ Підготовка висновків і обґрунтування пропозицій і рекомендацій виробничого характеру.

Навчальна дисципліна забезпечує формування ряду **компетентностей**:

***Загальні компетентності:***

ЗК8. Комплексність в організації творчої діяльності та процесу проведення наукових досліджень. Здатність організовувати творчу діяльність та процес проведення наукових досліджень.

ЗК10. Здатність бути критичним та самокритичним. Здатність критично сприймати та аналізувати чужі думки й ідеї, шукати власні шляхи вирішення проблеми, рецензувати наукові публікації та автореферати, здійснювати критичний аналіз власних матеріалів.

***Спеціальні (фахові, предметні) компетентності***

ФК6. Комплексність у проведенні критичного аналізу різних інформаційних джерел, авторських методик, конкретних освітніх, наукових та професійних текстів у галузі хімії, охорони навколишнього природного середовища і раціонального використання природних ресурсів.

ФК12. Комплексність у набутті та розумінні значного обсягу сучасних науково-теоретичних знань у галузі хімії та суміжних з ним сферах природничих наук.

***Програмні результати навчання:***

ПР3. *Знання та розуміння* структури вищої освіти в Україні. *Знання та вміння* використовувати законодавче та нормативно-правове забезпечення вищої освіти. *Знання* специфіки науково-педагогічної діяльності викладача вищої школи.

ПР4. *Знання та вміння* використовувати сучасні засоби і технології

організації на здійснення освітнього процесу. Знання та вміння використовувати різноманітні аспекти виховної роботи зі студентами та інноваційні методи навчання.

## 2. ОРГАНІЗАЦІЙНІ ОСНОВИ НАВЧАЛЬНО-ПЕДАГОГІЧНОЇ ПРАКТИКИ

- 2.1. Загальний обсяг навчальної практики складає 4 кредити ЄКТС (120 годин) у шостому семестрі навчання.
- 2.2. Навчально-методична робота (підготовка до занять, методична робота, відвідування та аналіз, проведення консультацій, керівництво різними видами діяльності студентів) становить 120 навчальних годин практики в рахунок самостійної підготовки.
- 2.3. На аудиторне навантаження (проведення лабораторних занять) відводиться 72 години для денної форми навчання і 36 годин для заочної форми навчання від загального часу дисципліни.
- 2.4. захист практики здійснюється на засіданні кафедри і оцінюється за 100-бальною шкалою з метою одержання еквівалентних оцінок за національною шкалою та за шкалою ЄКТС.
- 2.5. Аспіранту, який не виконав програму практики, отримав негативний висновок щодо її проходження, або незадовільну оцінку за результатами захисту, надається право її повторного проходження та захисту у встановленому порядку.
- 2.6. Організація і контроль за виконанням спецпрактикуму покладається на завідувача кафедрою аналітичної і біонеорганічної хімії та якості води.
- 2.7 Алгоритм виконання :
  - ✓ Спецпрактикум є одним з перших етапів самостійної науково-дослідницької роботи аспіранта, основою для виконання дисертаційної роботи;
  - ✓ Аспіранту пропонується дотримуватися такої структурно-логічної схеми виконання індивідуального завдання практикуму:



### 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.	
<b>Змістовий модуль 1. Математичне планування експериментів</b>												
<b>Тема 1.</b> Формулювання аналітичної задачі та розробка методичного забезпечення її виконання	10			6		4	8			2		6
<b>Тема 2.</b> Організація матеріального забезпечення виконання спецпрактикуму з аналітичної хімії	10			6		4	10			6		4
<b>Змістовий модуль 2. Попередні дослідження та виконання якісного аналізу</b>												

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.
<b>Тема 3.</b> Вивчення зовнішніх ознак об'єктів аналізу	6			2		4	6			2		4
<b>Тема 4.</b> Якісний аналіз сполук на вміст катіонів	12			6		6	12			6		6
<b>Тема 5.</b> Якісний аналіз сполук на вміст аніонів	10			4		6	10			4		6
<b>Змістовий модуль 3. Виконання кількісного аналізу</b>												
<b>Тема 6.</b> Вибір та оцінка методів кількісного аналізу вмісту компонентів сполуки	10			4		6	10			4		6
<b>Тема 7.</b> Встановлення кількісного вмісту катіону методами гравіметрії та/або титриметрії	16			8		8	16			8		8
<b>Тема 8.</b> Встановлення кількісного вмісту аніону та/або води методами гравіметрії та/або титриметрії	16			8		8	16			8		8
<b>Змістовий модуль 4. Обробка результатів аналізу та встановлення формули хімічної сполуки</b>												
<b>Тема 9.</b> Обробка результатів аналізу та розрахунок формули хімічної сполуки.	16			8		8	16			8		8
<b>Тема 10.</b> Складання звіту про проходження спецпрактикуму з аналітичної хімії.	14			8		6	14			8		6
<b>Усього годин</b>	<b>120</b>			<b>60</b>		<b>60</b>	<b>120</b>			<b>60</b>		<b>60</b>

#### 4. ЗВІТНА ДОКУМЕНТАЦІЯ

3.1. Після проходження педагогічної практики аспірант подає на кафедру такі документи:

- загальний звіт про проходження практики (ПБ аспіранта, спеціальність, кафедра, ПБ наукового керівника, період проходження, загальний обсяг годин);



- графік проходження практики (дати проведення, академічна група, тема, вид занять);
- відгук наукового керівника про проходження практики;
- аспіранти, які проводять заняття перебуваючи на посаді НПП (за сумісництвом) в закладі вищої освіти, звільняються від практики з відповідним поданням на кафедру довідки з місця праці та вищезазначених документів;
- аспіранти мають право проходити педагогічну практику в інших закладах вищої освіти України, та за кордоном. З наступним поданням щоденника практики та розгорнутої характеристики від відповідального куратора з місця проходження практики.

#### 4. ОРГАНІЗАЦІЯ І КЕРІВНИЦТВО ВИКОНАННЯМ СПЕЦПРАКТИКУМУ

Безпосереднє керівництво роботою аспіранта здійснюється його науковим керівником або призначеним доцентом кафедри.

Керівник спецпрактикуму:

- Видає аспіранту індивідуальне завдання на організацію і керівництво спецпрактикумом для студентів, складене ним, із зазначеним терміном закінчення роботи;
- Надає аспіранту допомогу в розробці плану виконання завдання;
- Рекомендує аспіранту наукову, навчальну та методичну літературу, інтернет-джерела;
- Надає аспірантові систематичні консультації;
- Перевіряє звіт перед захистом на засіданні кафедри.

Спецпрактикум для студентів аспіранти проводять в лабораторіях кафедри аналітичної і біонеорганічної хімії та якості води (з використанням бібліотечного фонду кафедри, бібліотеки НУБіП України і ЦНБ, інтернет-джерел).

#### 5. ОЦІНЮВАННЯ ВИКОНАННЯ СПЕЦПРАКТИКУМУ ЗА МОДУЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЮ СИСТЕМОЮ

№	Зміст модулю	Рейтингова оцінка, бали	Кількість годин
1	Визначення якісного складу об'єкту дослідження	100	48
	Вибір методів та методик кількісного аналізу об'єкту дослідження. Проведення аналітичних досліджень	100	44

	Проведення розрахунків. Аналіз одержаних результатів. Оформлення звіту про проходження спецпрактикуму	100	28
	ВСЬОГО:	300	120
2	Рейтинг навчальної роботи	70	
	Залік	30	
	Разом:	100	

Відповідно до «Положення про забезпечення якості освітньої діяльності та якості вищої освіти у Національному університеті біоресурсів і природокористування України», введеного в НУБіП України з 1 вересня 2016 р. (наказ № 884 від 20.09.2016 р.), рейтинг з дисципліни  $R_{\text{дис}}$  визначається в балах відповідно до загальної кількості годин. Для допуску до іспиту або заліку студенту необхідно набрати мінімальну кількість балів для засвоєння матеріалу, що складає 60% від сумарної рейтингової оцінки змістових модулів -  $R_{\text{ом}}$  (42 бали). Шкала оцінки визначається наступним чином:

Оцінка національна	Визначення ECTS	Рейтинг із практикуму, бали	Рейтинг, бали
Зараховано	<b>Відмінно</b> - відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	(0,90-1,00) $R_{\text{дис}}$	90-100
	<b>Добре</b> - в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок	(0,74-0,81) $R_{\text{дис}}$	74-89
	<b>Достатньо</b> - виконання задовольняє мінімальні критерії	(0,60-0,73) $R_{\text{дис}}$	60-73
Не зараховано	<b>Незадовільно</b> - потрібно працювати перед тим, як отримати позитивну оцінку	(0,42-0,59) $R_{\text{дис}}$	42-59

## 6. ПРАВА ТА ОБОВ'ЯЗКИ АСПІРАНТА

- 6.1. Аспірант має право з усіх питань, які виникають під час проходження педагогічної практики, звертатись до наукового керівника або завідувача кафедри, вносити пропозиції щодо вдосконалення організації практики.
- 6.2. Аспірант під час проходження практики за попередньою домовленістю має право відвідувати заняття викладачів Університету з метою

вивчення методики викладання навчальних дисциплін та ознайомлення з передовим педагогічним досвідом.

- 6.3. Аспірант підпорядковується правилам внутрішнього розпорядку Університету, розпорядженням адміністрації та керівника практики. У разі невиконання вимог, які висуваються практиканту, він може бути відсторонений від проходження практики.

## 7. ПРИКЛАДИ ТЕМАТИК ВИКОНАННЯ ПЕДАГОГІЧНОЇ ПРАКТИКИ

### 7.1 СПЕЦПРАКТИКУМ З АНАЛІТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### БІОГЕОХІМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

##### 7.1.1 Актуальність дослідження

Актуальність досліджень аналітичного характеру, які пропонуються до вивчення протягом виконання спецпрактикуму, пов'язані з однією із найгостріших екологічних проблем, які стоять перед людством в цілому – очищення стічних побутових та промислових вод. Забруднення гідросфери відбувається все більш інтенсивно, причому збільшується перелік та токсичність поллютантів.

Існують методи очищення води, які дозволяють видалити із НЕЇ практично будь-які забрудники. Проблема полягає у тому, що вартість очисних споруд часто більша за вартість самого виробництва.

В цілому, оцінюючи рівень очищення стічних вод на прикладі країн Європи (рис. 1), слід відмітити, що у найбільш розвинутих регіонах частка стоків, які проходять повний трьохступеневий цикл очищення з видаленням органічних, біологічних, неорганічних (фосфат- та азотовмісних) забруднювачів, наближається до 100 % .

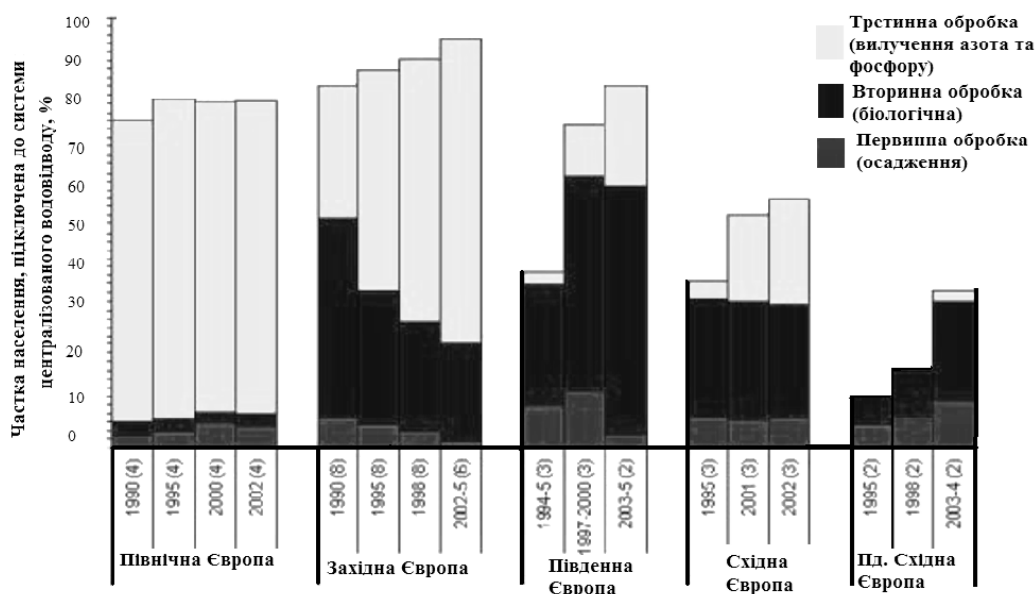


Рисунок 1 – Динаміка та структура технології обробки побутових стічних вод в країнах Європи

### 7.1.2 Зміст завдання

Об'єктами виконання спецпрактикуму з хімічного аналізу являються модельні розчини, що містять типові неорганічні забруднювачі, характерні для стічних вод побутово-господарчого та промислового походження.

Модельні розчини містять у різному поєднанні наступні катіони та аніони:

Катіони		Аніони	
1	Гідроксоній $\text{H}_3\text{O}^+$ ( $\text{H}^+$ );	1	Сульфати $\text{SO}_4^{2-}$
2	Амоній $\text{NH}_4^+$	2	Фосфати $\text{PO}_4^{3-}$
3	Натрій $\text{Na}^+$	3	Гідрокарбонати $\text{HCO}_3^-$
4	Залізо $\text{Fe}^{3+}$ або $\text{Fe}^{2+}$ ;	4	Хлориди $\text{Cl}^-$
5	Кальцій $\text{Ca}^{2+}$	5	Нітрати $\text{NO}_3^-$
6	Магній $\text{Mg}^{2+}$		
7	Мідь $\text{Cu}^{2+}$		
8	Кобальт $\text{Co}^{2+}$		
9	Нікель $\text{Ni}^{2+}$		
10	Цинк $\text{Zn}^{2+}$		

Слід мати на увазі, що одночасна присутність всіх перелічених йонів у значних кількостях у розчині неможлива із міркувань розчинності. Так, не можуть у значних кількостях одночасно перебувати:

- Йони  $\text{Fe}^{3+}$  та  $\text{PO}_4^{3-}$ ; (ДР ( $\text{FePO}_4$ )= $1,3 \cdot 10^{-22}$ ;

- Йони  $\text{Fe}^{2+}$  та  $\text{HCO}_3^-$  (ДР ( $\text{FeCO}_3$ )= $3,5 \cdot 10^{-11}$ );
- Йони  $\text{Ca}^{2+}$  та  $\text{PO}_4^{3-}$  (ДР ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ )= $2,0 \cdot 10^{-29}$ );
- Йони  $\text{Ca}^{2+}$  та  $\text{HCO}_3^-$  (ДР ( $\text{CaCO}_3$ )= $3,8 \cdot 10^{-9}$ );
- Йони  $\text{Ca}^{2+}$  та  $\text{SO}_4^{2-}$  (ДР ( $\text{CaSO}_4$ )= $7,1 \cdot 10^{-5}$ );
- Йони  $\text{Cu}^{2+}$  та  $\text{PO}_4^{3-}$ ; (ДР ( $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ )= $1,4 \cdot 10^{-39}$ );
- Йони  $\text{Cu}^{2+}$  та  $\text{HCO}_3^-$  (ДР ( $\text{CuCO}_3$ )= $1,4 \cdot 10^{-10}$ );
- Йони  $\text{Co}^{2+}$  та  $\text{PO}_4^{3-}$ ; (ДР ( $\text{Co}_3(\text{PO}_4)_2$ )= $2,1 \cdot 10^{-35}$ );
- Йони  $\text{Co}^{2+}$  та  $\text{HCO}_3^-$  (ДР ( $\text{CoCO}_3$ )= $1,3 \cdot 10^{-13}$ );
- Йони  $\text{Ni}^{2+}$  та  $\text{PO}_4^{3-}$ ; (ДР ( $\text{Ni}_3(\text{PO}_4)_2$ )= $4,7 \cdot 10^{-32}$ );
- Йони  $\text{Ni}^{2+}$  та  $\text{HCO}_3^-$  (ДР ( $\text{NiCO}_3$ )= $1,4 \cdot 10^{-7}$ );
- Йони  $\text{Zn}^{2+}$  та  $\text{PO}_4^{3-}$ ; (ДР ( $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ )= $9,1 \cdot 10^{-33}$ );
- Йони  $\text{Zn}^{2+}$  та  $\text{HCO}_3^-$  (ДР ( $\text{ZnCO}_3$ )= $1,5 \cdot 10^{-11}$ );
- Йони  $\text{Mg}^{2+}$  та  $\text{PO}_4^{3-}$ ; (ДР ( $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ )= $9,1 \cdot 10^{-33}$ );
- Йони  $\text{Zn}^{2+}$  та  $\text{HCO}_3^-$  (ДР ( $\text{ZnCO}_3$ )= $1,0 \cdot 10^{-13}$ ).

### 7.1.3 Приклад комплексної оцінки якості водних джерел чи стічних вод у вигляді індексу забруднення води (ІЗВ)

Узагальнення результатів аналізу модельних зразків води проводиться на основі методики КНД 211.1.4.010-94 у вигляді так званого ІЗВ – індексу забруднення води, який розраховується наступним чином:

$$\text{ІЗВ} = 1/n \sum_{i=1}^n (C_i/\text{ГДК}_i), \quad (1)$$

де  $n$  - кількість вимірних показників якості води;  $C_i$  – середня концентрація одного із показників якості води;  $\text{ГДК}_i$  – гранично допустима концентрація кожного з показників якості води.

За величинами розрахованих ІЗВ виконується оцінка якості води. При цьому виділяються такі класи якості води:

- I – дуже чиста ( $\text{ІЗВ} < 0,3$ );
- II – чиста ( $0,3 < \text{ІЗВ} < 1$ );
- III – помірно забруднена ( $1 < \text{ІЗВ} < 2,5$ );
- IV – забруднена ( $2,5 < \text{ІЗВ} < 4$ );
- V – брудна ( $4 < \text{ІЗВ} < 6$ );
- VI – дуже брудна ( $6 < \text{ІЗВ} < 10$ );
- VII – надзвичайно брудна ( $\text{ІЗВ} > 10$ ).

Приклад розрахунку:

В результаті проведення кількісних досліджень встановлено, що модельний розчин містить:

катіонів:  $\text{H}^+$  –  $0,0124$  г-екв/дм<sup>3</sup>;

$Zn^{2+} - 156,2 \text{ мг/дм}^3$ ;  
 $Cu^{2+} - 1890,7 \text{ мг/дм}^3$ ;  
аніонів:  $NO_3^- - 1195,1 \text{ мг/дм}^3$ ;  
 $SO_4^{2-} - 480,5 \text{ мг/дм}^3$ .

Порівнюючи одержані результати із довідковими таблицями встановлюють, що склад розчину найближче до складу відпрацьованих розчинів машинобудівних заводів за вмістом цинку та міді.

Розрахунок ІЗВ проводиться наступним чином:

1) За показником вмісту йонів гідрогену розраховують показник рН:  
 $pH = -\lg [H^+] = -\lg 0,0124 = 1,90$ . Допустиме значення рН для природних вод складає 6-9, тобто для розрахунку обираємо нижчий критерій – 6.

2) За Додатком [1,2] визначають ГДК для катіонів та аніонів, виявлених у розчині (у воді господарчо-питного призначення):

$Zn^{2+} - 1,0 \text{ мг/дм}^3$ ;  
 $Cu^{2+} - 0,1 \text{ мг/дм}^3$ ;  
 $NO_3^- - 45 \text{ мг/дм}^3$ ;  
 $SO_4^{2-} - 500 \text{ мг/дм}^3$ .

3) ІЗВ рівний (при кількості показників, що включені у розрахунок,  $n=5$ ):

$$IZB = \frac{1}{5} \left( \frac{pH(ГДК)}{pH \text{ зразку}} + \frac{ГДК(\text{компоненту})}{C \text{ зразку}} \right) =$$
$$= \frac{1}{5} \left( \frac{6}{1,90} + \frac{156,2}{1,0} + \frac{1890,7}{0,1} + \frac{1195,1}{45} + \frac{480,5}{500} \right) = 3819.$$

Таким чином, модельний розчин являє собою воду VII категорії - надзвичайно брудну ( $IZB > 10$ ).

Для того, щоб таку стічну воду можна було скинути у природні водойми, її слід нейтралізувати до  $pH = 6$ , додаючи, наприклад, вапно чи інший лужний реактив, потім - розбавити чистою водою для зниження концентрацій катіонів та аніонів до величин ГДК забруднень, що надходять на споруди біологічної очистки (за Додатком):

Мідь –  $0,5 \text{ мг/дм}^3$   
Цинк –  $1,0 \text{ мг/дм}^3$   
Нітрати –  $45 \text{ мг/дм}^3$ .

Досліджений розчин можна очистити за допомогою мембранного методу (за Додатком), проте і для цього потрібно нейтралізувати розчин та розбавити його для досягнення допустимого складу розчину на вході до установки: Нітратів – не більше  $137 \text{ мг/дм}^3$ , цинку –  $1,5 \text{ мг/дм}^3$ .

7.1.4 Самостійно аспіранту пропонується освоїти методика інтегральної оцінки якості води для різних видів водоспоживання [12].

### 7.1.5 Рекомендована література для виконання спецпрактикуму

1. ДСТУ 4808:2007 Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 36 с.
2. ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. – К.: Мінекономрозвитку України, 2014. – 26 с.
3. Химическая энциклопедия: в 5 т. /Редкол.: Зефиров Н.С. (гл. ред.) и др. – М.: Большая Российская энцикл., Т.1. – 1988. – 623 с.; Т.2. – 1990. – 671 с.; Т.3. – 1992. – 639 с.; Т.4. – 1995. – 639 с.; Т.5. – 1999. – 783 с.
4. Жаровський Ф.Г., Пилипенко А.Т., П'ятницький І.В. Аналітична хімія. – К.: Вища шк., 1982. – 544 с.
5. Аналітична хімія для аграрних спеціальностей (хімічний аналіз) /В.А. Копілевич, В.Є. Косматий, Л.В. Войтенко, Л.М. Абарбарчук та ін. – К.: НАУ, 2002, 2003. – 300 с.
6. Аналітична хімія. В 2 ч. / В.А. Копілевич, Н.М. Прокопчук, Т.І. Ущипівська, Л.В. Войтенко. – К.: ДДП «Експодрук», 2016. – Ч.1 – 216 с.; Ч.2 – 198 с.
7. Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии. – М.: Мир, 1979. – Т. 1 – 480 с., Т. 2 – 438 с.
8. Руководство по методам исследования качества вод. В 2-х тт.: Т. 1. Гидрохимия. Радиология. – К.: УНИИВЭП, 1995. - 202 с.
9. Пршибил Р. Комплексоны в химическом анализе.- М.: Изд. Иностран. лит-ры, 1960. - 580 с.
10. Шарло В. Количественный анализ .- М.: Химия, 1965. - 543 с.
11. Посыпайко В.И., Козырева Н.А., Логачева Ю.П. Химические методы анализа . - М.: Высш. шк., 1989. – 448 с.
12. Інтегральна оцінка якості води для різних видів водоспоживання за вмістом важких металів /Л.В. Войтенко, В.А. Копілевич // Біоресурси і природокористування. – 2016. – Т. 8, №1-2. – С. 36-43

## 7.2 СПЕЦПРАКТИКУМ З АНАЛІТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ХІМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

### 7.2.1 Зміст і завдання спецпрактикуму з хімічного аналізу речовин

*Якісний аналіз* об'єкту дослідження складається з ряду операцій:

- Попередні дослідження;
- Відкриття катіонів;
- Відкриття аніонів.

Об'єкт аналізу може бути:

- Твердою речовиною (солі, розчинні чи нерозчинні у воді, гідроксиди, оксиди, метали у вільному стані);
- Розчином (солі, луги, кислоти, вода).

Об'єкт аналізу можна віднести до однієї з двох категорій:

- Розчинні у воді речовини;

– Нерозчинні у воді речовини.

До першої категорії речовин відносяться (в межах тих об'єктів аналізу, що вивчаються студентами згідно навчального плану): всі солі амонію і лужних металів, більшість солей галогеноводневих, азотної, азотистої та оцтової кислот, а також деякі сульфати та сульфіти (Довідникові дані).

Друга категорія речовин включає метали у вільному стані, оксиди, гідроксиди металів та карбонати, фосфати, силікати, борати, молібдати ряду металів (за виключенням лужних) і деякі інші солі.

Нерозчинні у воді речовини можуть бути двох типів: 1) власне нерозчинні, 2) сполуки, що при розчиненні гідролізують з утворенням осадів гідроксидів чи основних солей. Перший тип нерозчинних у воді речовин характеризується тим, що при обробці водою вони не змінюють зовнішній вигляд і при відстоюванні порівняно легко осідають на дно пробірки. Особливістю другого типу речовин є те, що при обробці водою утворюються аморфні осади (особливо при нагріванні), які осідають на дно пробірки довгий час.

Переважає більшість нерозчинних у воді сполук переходить у розчин при їх обробці (на холоді чи при нагріванні) розведеними чи концентрованими мінеральними кислотами. При цьому в розведених HCl і HNO<sub>3</sub> легко розчиняється більшість оксидів і гідроксидів металів та майже всі солі слабких кислот. Концентровані HNO<sub>3</sub> чи H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> розчиняють більшість металів. Продукти реакції залежать від активності металу.

Ряд речовин із категорії нерозчинних у воді переходять у розчин також під дією лугів чи розчину аміаку (ZnO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZnCO<sub>3</sub>, AlPO<sub>4</sub>, Ag<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Cu(OH)<sub>2</sub> та інші) за рахунок їх амфотерних властивостей або утворення координаційних сполук.

Хід аналізу речовини, розчинної чи нерозчинної у воді, різний, а тому перед початком дослідження необхідно спочатку встановити, до якої категорії відноситься об'єкт аналізу.

Якісний аналіз досліджуваної речовини (об'єкт аналізу) виконується у дві стадії. Спочатку проводять попередні дослідження, які часто дозволяють правильно визначити напрямок подальшої роботи, а потім переходять до систематичного аналізу катіонів і аніонів.

#### *Кількісні визначення.*

Виконавши якісні дослідження, можна встановити наявність катіону та аніону в об'єкті аналізу. Проте однозначно встановити формулу речовини в ряді випадків не можливо. Наприклад, в об'єкті аналізу виявлені катіон Cu<sup>2+</sup> та аніон CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>. Аналіз довідкових даних свідчить, що такому якісному складу може відповідати дві речовини: 2CuCO<sub>3</sub>·Cu(OH)<sub>2</sub> (лазурит) та



$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$  (малахіт). Розрізнити ці речовини можна за забарвленням – перша синього, а друга – зеленого кольору. Проте для аналізу може бути видана суміш цих двох речовин. Очевидно, тільки результати кількісного аналізу можуть однозначно встановити склад об'єкту аналізу. Схожа ситуація виникає, коли аналізують гігроскопічні чи хімічно нестійкі сполуки. Наприклад, оксиди та гідроксиди металів, особливо лужноземельних та магнію; вони при тривалому зберіганні реагують з атмосферним вуглекислим газом і практично завжди містять домішку карбонату.

Отже, виконавши якісний аналіз об'єкту аналізу, необхідно проаналізувати дані літератури стосовно складу, зовнішнього вигляду, розчинності, величин температур зневоднення, плавлення, кипіння сполук, що містять виявлені катіони та аніони. Ця інформація потрібна для подальшого вибору методів та методик кількісного аналізу об'єкту дослідження.

### 7.2.2 *Визначання молекулярної формули сполуки*

Завершальним етапом спецпрактикуму є розрахунок молекулярної формули сполуки, аналіз якої виконано.

Як правило, розрахована формула не співпадає точно з тією, що наведено у довіднику чи таблицях даного посібника, де описано об'єкти аналізу. Найчастіше відхилення у ту чи іншу сторону спостерігається стосовно кількості молів кристалізаційної води. Наприклад, у довіднику описано індивідуальну сполуку складу  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Проте розрахунок молекулярної формули дає наступний склад об'єкту аналізу:  $\text{ZnSO}_4 \cdot 6,5\text{H}_2\text{O}$ . Зменшення кількості молів кристалізаційної води у такому випадку пояснюється тим, що молекули води в кристалогідратах, як правило, мають різну енергію зв'язку з центральним атомом метала-комплексоутворювача. Частина молекул води утримується більш сильними координаційними зв'язками, а частина знаходиться у зовнішній сфері та зв'язана більш слабо. Така зовнішньосферна вода при тривалому зберіганні реактиву може звітрюватися, тому й формула сполуки не відповідає точно теоретичному складу.

Подекуди, навпаки, кількість молів води у кристалогідраті перевищує ту, що вказано у довіднику. Наприклад, теоретичний склад сполуки, що містить, за результатами якісного і кількісного аналізу, йони  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$  та молекули кристалізаційної води, повинен відповідати молекулярній формулі  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Проте розрахунки дають такий результат:  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \cdot 7,1\text{H}_2\text{O}$ . В цьому випадку поява додаткової кількості молів води пояснюється гігроскопічними властивостями солі. Нітрати більшості металів, як правило,

схильні до поглинання вологи навіть із повітря, при цьому сама сіль може навіть переходити у рідкий стан.

Також можливі випадки, коли сполуки, запропоновані для аналізу, поглинають із повітря не тільки воду, а й реагують при тривалому зберіганні з вуглекислим газом. Як правило, це оксиди активних металів – кальцію, магнію, частково цинку. Встановити цей факт можливо по тому, що при виведенні молекулярної формули кількість моль оксиду металу значно перевищує кількість моль  $\text{CO}_2$  та води. Тоді слід зробити висновок, що об'єкт аналізу являє собою не чисту речовину, а суміш оксиду, карбонату та гідроксиду металу.

### 7.2.3 Рекомендована література для виконання спецпрактикуму

1. Копілевич В.А. Неорганічна і біонеорганічна хімія: Вибрані розділи курсу для навчання за спеціальністю «Екологія». – К.: ЦП «Компринт», 2017. – 607 с.
2. Копілевич В.А. Неорганічна хімія: Вибрані розділи курсу для навчання за спеціальністю «Біотехнології та біоінженерія». – К.: НУБіП, 2016. – 368 с.
3. Голуб А.М. Загальна та неорганічна хімія: В 2 ч. – К.: Вид-во Київ. ун-ту, 1968. – Ч.1 – 442 с.
4. Голуб А.М. Загальна та неорганічна хімія: В 2 ч. – К.: Вид-во Київ. ун-ту, 1971. – Ч.2 – 416 с.
5. Кукушкин Ю.Н. Химия координационных соединений. – М.: Высш. шк., 1985. – 455 с.
6. Химическая энциклопедия: в 5 т. /Редкол.: Зефирова Н.С. (гл. ред.) и др. – М.: Большая Российская энцикл., Т.1. – 1988. – 623 с.; Т.2. – 1990. – 671 с.; Т.3. – 1992. – 639 с.; Т.4. – 1995. – 639 с.; Т.5. – 1999. – 783 с.
7. Жаровський Ф.Г., Пилипенко А.Т., П'ятницький І.В. Аналітична хімія. – К.: Вища шк., 1982. – 544 с.
8. Аналітична хімія для аграрних спеціальностей (хімічний аналіз) /В.А. Копілевич, В.Є. Косматий, Л.В. Войтенко, Л.М. Абарбарчук та ін. – К.: НАУ, 2002, 2003. – 300 с.
9. Аналітична хімія. В 2 ч. / В.А. Копілевич, Н.М. Прокопчук, Т.І. Ущипівська, Л.В. Войтенко. – К.: ДДП «Експодрук», 2016. – Ч.1 – 216 с.; Ч.2 – 198 с.
10. Краткий справочник по химии /И.Т. Гороновский, Ю.П. Назаренко, Е.Ф. Некряч. – К.: Наукова думка, 1987. - 829 с.
11. Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 ч. – Ч. 1. – Гравиметрический и титриметрический методы анализа. – М.: Высш. шк., 1989. – 320 с.
12. Шварценбах Л. Комплексонометрия. - М.: Госхимизат, 1958 -312с.
13. Пршибил Р. Комплексоны в химическом анализе.- М.: Изд. Иностран. лит-ры, 1960. - 580 с.

14. Шапиро М. А., Шапиро С. А. Аналитическая химия. М.: Высш. шк., 1963. - 339 с.
15. Бабко А.К., Пятницкий И.В. Количественный анализ. - М.: Высш. шк., 1968. – 596 с.
16. Аналитическая химия никеля /В. М. Пешкова, В. М. Савостина. – М.: Наука, 1966. - 203 с.
17. Аналитическая химия кобальта /И.В. Пятницкий. М.: Наука, 1965. - 243 с.
18. Аналитическая химия цинка /В.П. Живописцев, Е. А. Селезнёва. - М.: Наука, 1975. – 197 с.
19. Шарло В. Количественный анализ .- М.: Химия, 1965. - 543 с.
20. Посыпайко В.И., Козырева Н.А., Логачева Ю.П. Химические методы анализа . - М.: Высш. шк., 1989. – 448 с.

21. Інформаційні ресурси:

1. Довідник з хімії - *Режим доступу:*  
<https://techemy.com/%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA/>
2. Метрологія, стандартизація, сертифікація / Горошко Д.Л., редактор Касаткина М.А. - *Режим доступу:* [http://abc.vvsu.ru/Books/metrolog\\_standar\\_i\\_sertif/](http://abc.vvsu.ru/Books/metrolog_standar_i_sertif/)
3. Постанова КМ «Про організацію роботи, спрямовану на створення державних систем стандартизації, метрології та сертифікації» - *Режим доступу:*  
<http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/269-92-п>
4. Метрологія, стандартизація і сертифікація в екології / М. О. Клименко, П. М.Скрипчук - *Режим доступу:* <http://academia-pc.com.ua/product/119>
5. ЕНК «Загальна і неорганічна хімія» /В. А. Копілевич - *Режим доступу:*  
<http://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=1171>
6. *Загальна хімія /О.В. Жак, Я.М. Каличак. – Режим доступу:*  
[www.franko.lviv.ua/faculty/Chem/biogeo/Posibnyk.pdf](http://www.franko.lviv.ua/faculty/Chem/biogeo/Posibnyk.pdf)
7. *Загальна хімія: Лабораторний практикум / П.Д. Романко, Г.А. Романко, О.Д. Мельник, Т.І. Калинин, Л.І. Челябин, Л.Я. Побережний, М.С. Полутренко – Режим доступу:* [www.lviv-prestige-school.com.ua/pl/.../zagalna-himiya-lab-praktikum](http://www.lviv-prestige-school.com.ua/pl/.../zagalna-himiya-lab-praktikum)
8. ЕНК з аналітичної хімії для студентів ОКР «Бакалавр» за спеціальністю «Біотехнології і біоінженерія» / В.А. Копілевич. –  
<https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=1163>
9. *Якісний аналіз. Методичний посібник з аналітичної хімії. – Режим доступу:*  
[www.meduniv.lviv.ua/files/kafedry/tokshim/.../Quality\\_Analis\\_Ukr.pdf](http://www.meduniv.lviv.ua/files/kafedry/tokshim/.../Quality_Analis_Ukr.pdf)
10. *Посібник з аналітичної хімії. – Режим доступу:* [dmeti.dp.ua/file/uchebnoe\\_posobie.doc](http://dmeti.dp.ua/file/uchebnoe_posobie.doc)
11. *Лекції з аналітичної хімії. Навчальний посібник. – Режим доступу:*  
[bib.convdocs.org/v30491/?download=1](http://bib.convdocs.org/v30491/?download=1)