


Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини  
Природничо-географічний факультет  
Кафедра хімії, екології та методики їх навчання

**"ЗАТВЕРДЖУЮ"**

Завідувач кафедри

 С. В. Совгіра

"27" серпня 2020 року

## **РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

### **ВВ3.04 БІОНЕОРГАНІЧНА ХІМІЯ**

Галузь знань            **01 Освіта/Педагогіка**

Спеціальність:        **014.06 Середня освіта (Хімія)**

Освітня програма:    **Середня освіта (Хімія)**

2020 – 2021 навчальний рік


Робоча програма «Біонеорганічна хімія» для здобувачів вищої освіти другого рівня (магістр) спеціальності: 014.06 Середня освіта (Хімія)

Розробник: канд. пед. наук., ст. викладач кафедри хімії, екології та методики їх навчання Задорожна О.М.

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри хімії, екології та методики їх навчання

Протокол № 1 від «27» серпня 2020 року

Завідувач кафедри кафедри хімії, екології та методики їх навчання

  
\_\_\_\_\_ (С. В. Совіра)  
(підпис)

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні науково-методичної комісії природничо-географічного факультету

Протокол № 1 від «31» серпня 2020 року

Голова науково-методичної комісії природничо-географічного факультету

  
\_\_\_\_\_ (С. Л. Грабовська)  
(підпис)

Пролонговано:

на 20\_\_/20\_\_ н. р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_\_\_ 20\_\_ р., протокол № \_\_\_\_  
(підпис) (ПІБ)

на 20\_\_/20\_\_ н. р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_\_\_ 20\_\_ р., протокол № \_\_\_\_  
(підпис) (ПІБ)

на 20\_\_/20\_\_ н. р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_\_\_ 20\_\_ р., протокол № \_\_\_\_  
(підпис) (ПІБ)

на 20\_\_/20\_\_ н. р. \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) «\_\_» \_\_\_\_ 20\_\_ р., протокол № \_\_\_\_  
(підпис) (ПІБ)

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Характеристика дисципліни за формами навчання	
	денна	заочна
Вид дисципліни (обов'язкова чи вибіркова)		Вибіркова
Мова викладання, навчання та оцінювання		Українська
Загальний обсяг у кредитах ЄКТС / годинах		3/90
Курс		1
Семестр		2
Кількість змістових модулів із розподілом:		3
Обсяг кредитів		3
Обсяг годин, у тому числі:		90
Аудиторні:		10
Лекційні		4
Семинарські / Практичні		
Лабораторні		6
Самостійна робота		80
Індивідуальні завдання		-
Форма семестрового контролю		Залік

## 2. Мета й завдання навчальної дисципліни

Мета: формування у здобувачів вищої освіти наукового світогляду щодо питань єдності та взаємозв'язку живої та неорганічної матерії, розповсюдження та роль хімічних елементів у природі та живих організмах.

Завдання:

- ознайомлення здобувачів вищої освіти з предметом, задачами, теоретичними основами біонеорганічної хімії;
- освоєння понять «біоелемент», «біоліганд», «біокомплекс», «металолігандний гомеостаз»;
- висвітлення значення електронно-хімічних властивостей біометалів в структурі та специфічності функціонування їх координаційних сполук з біолігандами;
- визначення ролі комплексоутворення для біологічних систем;
- ознайомлення здобувачів вищої освіти з основними напрямками розвитку та методами дослідження біонеорганічної хімії.

## 3. Результати навчання за дисципліною

### Очікувані результати навчання:

1. Оволодіти фаховими компетентностями:

**ФК.** Здатність будувати відповідні моделі хімічних явищ, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння законів природи, зокрема з використанням методів моделювання.

**ФК.** Здатність до самостійної пізнавальної діяльності з прирощенням знань, умінь і навичок у пізнанні хімічної науки, в галузі хімічного експериментування при проведенні наукового дослідження.

**ФК.** Здатність розуміти основні типи біологічних молекул і біологічних процесів та застосовувати фізико-хімічні підходи для їх опису.

2. Досягти результатів навчання:

**ПРН.** Здатний проводити синтези природних та гетероциклічних сполук, виділення та очистку синтезованих сполук; досліджувати фізичні властивості гетероциклічних та природних сполук.

**ПРН.** Знає класифікацію, будову, властивості та способи одержання неорганічних, органічних речовин, в тому числі комплексних, координаційних, гетероциклічних та природних сполук.

**ПРН.** Знає основні принципи застосування фізико-хімічних підходів для опису біологічних об'єктів і біологічних процесів, зокрема, термодинаміки біохімічних реакцій, кінетики ферментативних процесів, інгібування та регуляції ензиматичної активності.

#### 4. Програма навчальної дисципліни

**Змістовий модуль 1.** Виникнення біонеорганічної хімії як самостійної науки.

**Тема 1.** Визначення біонеорганічної хімії як науки.

Визначення біонеорганічної хімії як науки, об'єкти, методи дослідження, в тому числі реакцій модельних комплексних сполук, предмет, мета, сучасний стан і напрями її розвитку.

**Тема 2.** Біоеlementи у періодичній системі Д.І. Менделєєва.

Періодична система Д.І. Менделєєва як основа системного підходу до розуміння, яким чином атоми елементів, що складають неорганічну матерію, включаються у біологічні структури і змінюють їх функції. Концепція «біоеlement».

**Тема 3.** Класифікація біогенних елементів.

Класифікація біогенних елементів: макро-, мікро-, ультрамікроelementи, «метали життя». Взаємодія хімічних елементів між собою в живих організмах (фізіологічний синергізм та антагонізм).

**Змістовий модуль 2.** Загальна картина зміни біохімічних властивостей в залежності від місцезнаходження в періодичній системі.

**Тема 4.** Elementи s-блоку та їх біологічна роль.

Характеристика elementів s-блоку та їх біологічна роль. Порівняння хімічних і біохімічних властивостей  $Li^+$  і  $Na^+$ ,  $Na^+$  і  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  і  $Ca^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Sr^{2+}$  і  $Ba^{2+}$ , токсична дія  $Be^{2+}$ , антагонізм  $Be^{2+}$  і  $Mg^{2+}$ .

**Тема 5.** Elementи p-блоку та їх біологічна роль.

Характеристика elementів p-блоку та їх біологічна роль. Порівняння біохімічних властивостей у рядах: C, Si, Ge, Sn, Pb; N, P, As, Sb, Bi; O, S, Se, Te, Po; F, Cl, Br, I, At. Біологічна роль неорганічних аніонів і води.

**Тема 6.** Біохімічні характеристики elementів d-блоку.

Біохімічні характеристики elementів d-блоку. Біокластери, їх будова, константа стійкості біокомплексів, ряд Ірвінга-Вільямса в залежності від типу іону і сполучення донорних атомів O, N, S і дентатності лігандів, хелатний ефект.

**Тема 7.** Комплекси металів.

Основні положення координаційної теорії. Координаційні можливості біометалів. Координаційні числа та стереохімія комплексних сполук. Хімічний зв'язок у координаційних сполуках з біометалами. Фактори, що впливають на стійкість біокомплексів. Природа комплексоутворювача і ліганда. Хелатний ефект. Макроциклічний ефект. Основні положення теорії кристалічного поля та теорії поля лігандів та їх використання в біонеорганічній хімії. Стійкість комплексних іонів металів. Константа стійкості комплексів металів з біолігандами. Експериментальні методи визначення констант стійкості. Вплив констант стійкості на активацію та інгібування ферментів іонами металів.

**Змістовий модуль 3.** Стан біометалів d-блоку (Fe, Co, Ni, Cu, Zn) в живому організмі.

**Тема 8.** Характеристика головних біолігандів і їх комплексів з «металами життя».

Характеристика основних фізіологічних та біохімічних функцій біометалів. Синергізм і антагонізм elementів у рослинах та живих організмах.

Біоліганди, їх класифікація. Донорні групи в складі амінокислот та поліпептидів. Роль донорних атомів бічних ланцюгів амінокислот в координації іонів металів. Будова поліпептидів. Білки, їх первинна, вторинна, третинна та четвертинна структура. Низькомолекулярні біоліганди. Найважливіші типи біокомплексів. Загальна характеристика біокомплексів, їх класифікація. Комплекси лужних металів – іонофори. Сидерохроми – транспортні форми заліза. Комплекси з порфірином та його аналогами.

Хлорофіл. Біокомплекси кластерного типу. Металопротеїни. Карбоангідраза та карбоксипептидаза, інші цинквміщуючі ферменти.

**Тема 9.** Біологічна роль найбільш важливих металокомплексів в організмі.

Найважливіші типи біокомплексів. Загальна характеристика біокомплексів, їх класифікація. Комплекси лужних металів – іонофори. Сидерохроми – транспортні форми заліза. Комплекси з порфірином та його аналогами. Хлорофіл. Біокомплекси кластерного типу. Металопротеїни. Карбоангідраза та карбоксипептидаза, інші цинквміщуючі ферменти. .

**Тема 10.** Важкі метали – токсиканти. Токсичні мікроелементи (Al, Pь, Ba, Bi, Cd, Hg, TI, Be, Sb).

Загальна характеристика токсичних мікроелементів. Поширення в природі. Біологічна роль елементів у мінеральному балансі організму. Характеристика йонного стану цих мікроелементів.

Важкі метали – токсиканти: кадмій, свинець, ртуть. Шляхи попадання металів у ґрунт та живі організми. Можливі заміщення металами- токсикантами металів-біоелементів. Вплив металів-токсикантів на активність ферментів. Отруєння токсичними мікроелементами, токсична та летальна дози. Прояви токсичності та фізіологічна роль. Підвищений та знижений вміст токсичних мікроелементів. Забруднення навколишнього середовища. Джерела надходження елементів у організм людини. Здатність токсичних мікроелементів до утворення стійких комплексів. Сучасні досягнення, стан та перспективи використання біогенних елементів.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усьо го	у тому числі					Усьо –го	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Змістовий модуль 1.</b> Виникнення біонеорганічної хімії як самостійної науки.												
<b>Тема 1.</b> Визначення біонеорганічної хімії як науки							8					8
<b>Тема 2.</b> Біоелементи у періодичній системі Д.І. Менделєєва							10	2				8
<b>Тема 3.</b> Класифікація біогенних елементів.							10			2		8
Разом за змістовим модулем 1							28	2		2		24
<b>Змістовий модуль 2.</b> Загальна картина зміни біохімічних властивостей в залежності від місцезнаходження в періодичній системі.												
<b>Тема 4.</b> Елементи s-блоку та їх біологічна роль.							12			4		8
<b>Тема 5.</b> Елементи p-блоку та їх біологічна роль.							8					8

<b>Тема 6.</b> Біохімічні характеристики елементів d-блоку.							8					8
<b>Тема 7.</b> Комплекси металів.							10		2			8
Разом за змістовим модулем 2							38		2	4		32
<b>Змістовий модуль 3. Стан біометалів d-блоку (Fe, Co, Ni, Cu, Zn) в живому організмі:</b>												
<b>Тема 8.</b> Характеристика головних біолігандів і їх комплексів з «металами життя»												8
<b>Тема 9.</b> Біологічна роль найбільш важливих металокомплексів в організмі.												8
<b>Тема 10.</b> Важкі метали – токсиканти. Токсичні мікроелементи (Al, Pb, Ba, Bi, Cd, Hg, Tl, Be, Sb).												8
Разом за змістовим модулем 3												24
<b>Усього годин</b>							<b>90</b>	<b>4</b>		<b>6</b>		<b>80</b>

### 6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Техніка безпеки. Біологічне значення хімічних елементів. Біогенні елементи, їх класифікація	
2.	Хімічні елементи у геосфері та біосфері. Положення біогенних елементів у періодичній системі Д.І.Менделєєва	2
3.	Біоелементи органогени (O, C, H, N)	
4.	Макроелементи неметали (P, S, Cl)	
5.	Біологічна роль сполук металічних елементів. Властивості та біологічна роль деяких s-елементів. Макроелементи метали (Ca, K, Na, Mg)	4
6.	Властивості та біологічна роль деяких d-елементів. Мікроелементи у складі ферментів, гормонів, вітамінів та інших біологічно-активних речовин. Мікроелементи метали (Fe, Zn, Си, Mn, Mo, Co, Cr)	
7.	Біометали та реакції їх виявлення. Біоліганди. Якісні реакції на біоліганди. Вивчення реакцій комплексоутворення біметалів з неорганічними лігандами	
8.	Хімічні потенційно токсичні мікроелементи (Rb, Ag, Au, Zn, Sn, W, Ge, Ga, Sr, Ti)	
9.	Токсичні мікроелементи (Al, Pb, Ba, Bi, Cd, Hg, Tl, Be, Sb)	
	<b>Всього</b>	<b>6</b>

### 7. Самостійна робота

№	Зміст навчального матеріалу	Кількість
---	-----------------------------	-----------

п/п		год.
1.	Біологічне значення хімічних елементів. Біогенні елементи, їх класифікація.	4
2.	Хімічні елементи у геосфері та біосфері. Положення біогенних елементів у періодичній системі Д.І.Менделєєва. Поняття про мікроелементи людини.	4
3.	Біоелементи органогени (O, C, H, N)	4
4.	Макроелементи неметали (P, S, Cl)	4
5.	Біометали та реакції їх виявлення. Біоліганди. Якісні реакції на біоліганди. Вивчення реакцій комплексоутворення біметалів з неорганічними лігандами	4
6.	Біологічна роль сполук металічних елементів. Властивості та біологічна роль деяких s-елементів. Макроелементи метали (Ca, K, Na, Mg)	4
7.	Властивості та біологічна роль деяких d-елементів. Мікроелементи у складі ферментів, гормонів, вітамінів та інших біологічно-активних речовин. Мікроелементи метали (Fe, Zn, Си, Mn, Mo, Co, Cr)	4
8.	Мікроелементи неметали (Se, I)	4
9.	Умовно життєво необхідні мікроелементи неметали (F, B, Si, Br).	4
10.	Умовно життєво необхідні мікроелементи метали та металоїди (Ni, V, As, Li).	4
11.	Хімічні потенційно токсичні мікроелементи (Rb, Ag, Au, Zn, Sn, W, Ge, Ga, Sr, Ti)	4
12.	Токсичні мікроелементи (Al, Pb, Ba, Bi, Cd, Hg, Tl, Be, Sb)	4
13.	Основні положення теорії кристалічного поля та теорії поля лігандів та їх використання в біонеорганічній хімії.	4
14.	Найважливіші типи біокомплексів. Загальна характеристика біокомплексів, їх класифікація.	
15.	Стійкість координаційних сполук металів з біолігандами.	4
16.	Методи дослідження комплексоутворення з участю біолігандів.	4
17.	Хелатний та макроциклічний ефект в біокоординаційних сполуках.	4
18.	Загальна характеристика токсичних мікроелементів. Поширення в природі. Біологічна роль елементів у мінеральному балансі організму. Характеристика йонного стану цих мікроелементів.	4
19.	Важкі метали – токсиканти: кадмій, свинець, ртуть.	4
20.	Сучасні досягнення, стан та перспективи використання біогенних елементів.	4
	Всього	80

### 8. Методи навчання

Вивчення дисципліни здійснюється шляхом проведення лекційних занять, під час проведення лабораторних занять, шляхом самостійного опрацювання матеріалу та використання наочних матеріалів.

### 9. Методи контролю

1. Усне, письмове опитування.
2. Поточне тестування.
3. Підсумкове тестування.

### 10. Критерії оцінювання результатів навчання

Оцінювання знань здобувачів вищої освіти в університеті здійснюється за 100-

бальною шкалою, яка переводиться відповідно у національну шкалу («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно») та шкалу європейської кредитно-трансферної системи (ЄКТС – А, В, С, D, E, FX, F).

Поточний контроль проводиться на кожному лабораторному занятті та за результатами виконання завдань самостійної роботи. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) та набутих практичних навичок під час виконання завдань лабораторних робіт. Опрацювання кожної теми максимально оцінюється в 10 балів. З них:

- теоретична підготовка – 3 бали;
- виконання лабораторного експерименту – 2 бали;
- опрацювання результатів та висновки – 2 бали.

Підготовка питань, висвітлених у самостійній роботі (реферат, презентація тощо) – 3 бали за одну тему.

### 11. Розподіл балів, які отримують студенти

Модуль 1. Поточне тестування та самостійна робота										Сума 100
ЗМ 1			ЗМ 2				ЗМ 3			
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	

### Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою	
	для екзамену, курсової роботи, практики	для заліку
90–100	відмінно	зараховано
82–89	добре	
75–81		
69–74		
60–68	задовільно	
35–59	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1–34	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

### 12. Рекомендована література

#### Основна

1. Романова Н. В. Загальна та неорганічна хімія. – К.: Перун, 1998. – 480 с.
2. Яцимирский К.Б. Введение в бионеорганическую химию. – К.: Наук. Думка, 1976. – 143 с.
3. Загальна та біонеорганічна хімія / О.І. Карнаухов, Д.О. Мельничук, К.О. Чеботько, В.А. Копілевич // – Вінниця: Нова книга, 2003. – 544 с.
4. Карнаухов А.И., Безнис А.Т. Бионеорганическая химия. – К.: Вища школа, 1992. – 223 с.
5. Хухрянский В.Г., Цыганенко А.Я., Павленко Н.В. Химия биогенных элементов: Учебное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Вища школа, 1990. – 207 с.



6. Загальна та неорганічна хімія: У 2-х ч./ О. М. Степаненко, Л. Г. Рейтер, В. М. Ледовских, С. В. Іванов. – К.: Пед. Преса, 2002. – Ч. I. – 520 с.;
7. Скопенко В. В., Григорєва В. В. Найважливіші класи неорганічних сполук. – К.: Либідь, 1996 – 152 с.

#### **Допоміжна**

1. Ахметов Н. С. Общая и неорганическая химия. – М.: Высшая шк., 2001. – 743 с.
2. Карапетьянц М. Х., Дракин С. И. Общая и неорганическая химия» – М.: Химия, 1981 – 632 с.
3. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Основы неорганической химии – М.: Мир, 1979, – 678 с.
4. Кудрявцев А. А. Составление химических уравнений М.: Высшая шк 1979. – 293 с.
5. Угай М. А. Общая химия. – М.: Высшая шк, 1989. – 460с.
6. Гольбрайх Э. Е. Практикум по неорганической химии. – М.: Высшая шк., 1986, – 350 с.
7. Общая химия: Учебное пособие для вузов. – 23-е изд., испр. / Под ред. В. А. Рабиновича. – Л. Химия, 1983. – 704 с., ил.

#### **13. Інформаційні ресурси**

1. <http://library.chem.univ.kiev.ua>. Велика бібліотека підручників з хімії хімічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка.
1. <http://www.chemistryenc.hl>. Хімічна енциклопедія.
2. <http://www.anriintem.com/chemistry>. Хімічна література.
3. <https://library.udpu.edu.ua>. Бібліотека УДПУ імені Павла Тичини.