

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Наумова Наталия Александровна  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 24.10.2024 14:21:41  
Уникальный программный ключ:  
6b5279da4e034bff679172803da5b7b519269e7

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ»**  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ)

Факультет естественных наук  
Кафедра теоретической и прикладной химии

Согласовано  
и.о. декана факультета естественных наук  
« 25 » 03 2024 г.  
  
/Лялина И.Ю./

**Рабочая программа дисциплины**

Бионеорганическая химия

**Направление подготовки**  
06.03.01 Биология

**Профиль:**  
Биомедицинские технологии

**Квалификация**  
Бакалавр

**Форма обучения**  
Очная

Согласовано учебно-методической комиссией  
факультета естественных наук

Протокол «25» 03 2024 г. № 8

Председатель УМКом   
/Лялина И.Ю./

Рекомендовано кафедрой теоретической  
и прикладной химии

Протокол от «29» 02 2024 г. № 7

Зав. кафедрой   
/Васильев Н.В./

Мытищи  
2024

Автор-составитель:  
Свердлова Наталья Дмитриевна, к.х.н., доцент кафедры  
теоретической и прикладной химии;

Рабочая программа дисциплины «Бионеорганическая химия» составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 06.04.02 Биология, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ № 934 от 11.08.2020

Дисциплина входит в вариативную часть блока Б1.В.ЭД.09 и является элективной дисциплиной.

Год начала подготовки (по учебному плану) 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ .....	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....	4
3. ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4
4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ.....	7
5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	9
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	18
7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	19
8. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	19
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	19

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

### 1.1. Цель и задачи дисциплины

**Цель освоения дисциплины** - дать представление об основных свойствах и методах исследования бионеорганических соединений, научить использовать базис законов и понятий общей, неорганической, координационной и биохимии для усвоения и интерпретации углубленных знаний по специфическим разделам химии на стыке наук.

#### **Задачи дисциплины:**

- показать роль бионеорганической химии в системе химических и биологических наук;
- сформировать представления о комплексообразовании биометаллов с неорганическими и органическими лигандами;
- рассмотреть физиологические функции данных комплексов в организме в норме, а также негативные воздействия комплексов тяжелых металлов;
- показать применение комплексов биометаллов с различными лигандами в медицине и биологии.

### 1.2. Планируемые результаты обучения

В результате освоения данной дисциплины должна быть сформированы компетенции:  
ДПК-1 – Способен проводить научно-исследовательские лабораторные работы и экспертизу биологического материала

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в вариативную часть блока Б1.В.ЭД.09 и является элективной дисциплиной.

Освоение курса «Бионеорганическая химия» является основой изучения дисциплин «Физиология и биохимия растений», «Физиология человека и животных», «Основы физиологического действия фармацевтических препаратов», а также для прохождения специализированной практики по биотехнологии и успешной последующей профессиональной деятельности.

## 3. ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1. Объем дисциплины

Показатель объема дисциплины	Форма обучения
	Очная
Объем дисциплины в зачетных единицах	2
Объем дисциплины в часах	72
Контактная работа:	32,2
Лекции	16
Лабораторные работы	16
Из них в форме практической подготовки	16
Контактные часы на промежуточную аттестацию:	0,2
зачет	0,2
Самостоятельная работа	32
Контроль	7,8

Форма промежуточного контроля - зачет в 5 семестре.

### 3.2. Содержание дисциплины

Наименование разделов (тем) дисциплины с кратким содержанием	Количество часов		
	Лекции	лабораторные занятия	
		Общее количество	Из них в форме практической подготовки
<p><b>Тема 1. Предмет и области исследования бионеорганической химии.</b> Место бионеорганической химии среди традиционных химических и биологических дисциплин. Задачи и проблемы бионеорганической химии, основные направления развития. Различия в объекте исследования бионеорганической, элементарной, органической и неорганической химии. Предмет бионеорганической химии - структура и функции металлоферментов; взаимодействие металлов с биомолекулами; направленное создание биологически активных соединений металлов</p>	1		
<p><b>Тема 2. Биологическая роль неметаллов.</b> Химические элементы в биосфере. Макро- и микроэлементы. Кислород и его роль в дыхательном цикле живых организмов. Биологическая роль озона. Углерод, значение его неорганических соединений для человека. Физиологическая роль водорода в составе воды. Азот: воздействие неорганических соединений азота на живые организмы. Проблема связанного азота. Фосфор - элемент-органоген и его роль в обмене веществ. Сера и ее роль в метаболизме в составе белков; сульфаты и сероводород в желудочно-кишечном тракте. Галогены: роль хлорид-ионов в создании внутренней среды организма, создании буферной системы крови, регуляции водно-солевого обмена, в пищеварении.</p>	2	6	6
<p><b>Тема 3. Биометаллы-элементы и d-элементы. Биологическая роль их ионов.</b> Натрий, калий, кальций, магний, медь, цинк, марганец, железо, кобальт, молибден. Особенности электронного строения и способность к комплексообразованию. Распределение ионов во внутри - и внеклеточном пространстве. Значение в создании электролитной среды организма, передаче нервного импульса, работе ферментных систем.</p>	3	4	4
<p><b>Тема 4. Биолиганды - неорганические вещества, аминокислоты, пептиды, белки,</b> Общая характеристика основных типов биолигандов. Неорганические галогенид-ионы (F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, I<sup>-</sup>), сульфат - и нитрат-ионы, а также гидроксил-, фосфат - и карбонат-ионы, их вклад в энергетическую «копилку» живого организма. Нейтральные молекулы H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, их значение для метаболизма, питания и жизни организма в целом. Аминокислоты, пептиды, белки как биополимеры. Строение молекул, донорные группировки</p>	2	-	-

<p>(карбоксильные и аминогруппы). Роль ациклических и циклических форм углеводов в комплексообразовании. Донорные центры молекул: карбонильная и гидроксильная группировки.</p> <p>Строение нуклеиновых кислот и нуклеиновых оснований. Донорные центры для связывания с металлами для азотистых оснований (атомы азота и кислорода), нуклеозидов (гидроксогруппы) и нуклеотидов (фосфатные группы).</p> <p>Липиды: их классификация, состав и способность к комплексообразованию. Донорные центры стероидов: (карбонильная, карбоксильная и гидроксогруппы).</p> <p>Фосфолипиды и гликолипиды как полидентатные лиганды: состав, строение, донорные группировки (гидроксо-, амино-, фосфатная группы).</p>			
<p><b>Тема 5. Образование устойчивых металлокомплексов с биолигандами.</b></p> <p>Основные представления о химической связи в координационных соединениях биометаллов и биолигандов. Роль электростатической сил, ковалентных и донорно-акцепторных взаимодействий. Комплексы аминокислот и пептидов с биометаллами. Участие различных групп и донорных атомов аминокислот и пептидов в комплексообразовании с биометаллами. Роль концевых NH-групп, COOH-групп, а также пептидных групп в связывании ионов металлов. Взаимодействие нуклеиновых кислот с ионами металлов (основные закономерности). Взаимодействие белков с ионами металлов (основные закономерности). Хелатный эффект в комплексообразовании. Его роль в устойчивости комплексов. Макроциклический эффект. Взаимная избирательность и сродство биометаллов и лигандов. Принцип ЖМКО.</p>	2	2	2
<p><b>Тема 6. Биологическая роль биоккомплексов железа.</b></p> <p>Гемовые и негемовые белки. Миоглобин, Гемоглобин, ферритин, ферредоксин. Их строение и физиологическая роль</p>	2	-	-
<p><b>Тема 7. Биологическая роль биоккомплексов меди</b></p> <p>Церуллоплазмин, гемоцианин.</p> <p>Супероксиддисмутаза – фермент на основе комплексообразователей катионов меди и цинка.</p> <p>Строение, физиологическая роль этих ферментов.</p>	2	2	2
<p><b>Тема 8. Лекарственные средства на основе биоактивных координационных соединений.</b></p> <p>Создание и использование металлокомплексов меди. Цинка, ртути, свинца, железа, хрома, лития, серебра с сульфаниламидами, порфиринами, тиосемикарбазонами и др. для лечения гипертензии, неврологических заболеваний, микробных инфекций.</p> <p>Металлокомплексы на основе металлов платиновой группы – противоопухолевые препараты.</p>	1	2	2
<p><b>Тема 9. Неорганические биоматериалы.</b></p> <p>Биоминерализация в живом организме. Создание имитационных систем на основе пресыщенных растворов соли с трехмерной сеткой-матрицей из супрамолекулярных структур.</p> <p>Использование искусственных материалов для остеосинтеза (лечения переломов, травм, врожденных патологий кости и др.).</p>	1		
<b>Итого</b>	16	16	16

## ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

Тема	Задание на практическую подготовку	Количество часов
Тема 2. Биологическая роль неметаллов.	1. Лабораторная работа. Определение содержания фтора в почечных камнях потенциометрическим микрометодом. 2. Лабораторная работа «Определение нитрат-ионов в биологических объектах» 3. Лабораторная работа «Определение содержания хлорид-иона в биологических объектах».	6
Тема 3. Биометаллы s-элементы и d-элементы. Биологическая роль их ионов.	1. Лабораторные работы Определение содержания натрия и калия в биологических жидкостях методом пламенной фотометрии. 2. Определение содержания железа в биологических жидкостях спектрофотометрическим методом.	4
Тема 5. Образование устойчивых металлокомплексов с биолигандами.	Лабораторная работа «Образование металлокомплексов с биолигандами. Теория жестких и мягких кислот и оснований	2
Тема 7. Биологическая роль биокомплексов меди	Лабораторная работа «Синтез и изучение свойств комплексных соединений меди (II)».	2
Тема 8. Лекарственные средства на основе биоактивных координационных соединений.	Лабораторная работа « Применение металлокомплексов с биолигандами в медицине.	2

#### 4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Темы для самостоятельного изучения	Исучаемые вопросы	Количество часов	Формы самостоятельной работы	Методические обеспечения	Формы отчетности
Предмет и области исследования бионеорганической химии.	Основные понятия бионеорганической химии. Классификация элементов по их массовым долям в организме. Синергизм и антагонизм действия	2	Работа с литературой и интернет-ресурсами	Рекомендуемая литература и Интернет-ресурсы	Доклады

Биологическая роль неметаллов.	Особенности электронного строения атомов неметаллов. Биологическая роль их неорганических соединений.	4	Работа с литературой и интернет-ресурсами	Рекомендуемая литература Интернет-ресурсы	доклады
Биометаллы s-элементы и d-элементы. Биологическая роль их ионов.	Особенности электронного строения атомов s- и d-биометаллов. Способность к комплексообразованию с неорганическими лигандами.	4	Работа с литературой и интернет-ресурсами	Рекомендуемая литература Интернет-ресурсы	Доклады
Биолиганды - неорганические вещества, аминокислоты, пептиды, белки,	Состав, структура и свойства аминокислот, пептидов и белков.	4	Работа с литературой и интернет-ресурсами	Рекомендуемая литература Интернет-ресурсы	Доклады
Биолиганды - углеводы, нуклеиновые кислоты, липиды.	Состав, ациклические и циклические структуры углеводов. Состав и свойства нуклеиновых кислот и липидов. Донорные группировки молекул.	4	Работа с литературой и интернет-ресурсами	Рекомендуемая литература Интернет-ресурсы	Доклады
Образование устойчивых металлокомплексов с биолигандами.	Основные понятия координационной химии. Теории химической связи в комплексах: теория валентных связей и теория кристаллического поля.	4	Работа с литературой и интернет-ресурсами	Рекомендуемая литература Интернет-ресурсы	Тест
Кислородсодержащие металлопротеиды на примере гемоглобина	Структура порфиринов. Гемовые и негемовые формы железа в организме. Структура молекулы гемоглобина.	4	Работа с литературой и интернет-ресурсами	Рекомендуемая литература Интернет-ресурсы	Тест
Лекарственные средства на основе биоактивных координационных соединений.	Металлокомплексы, лежащие в основе лекарств, применяемых для лечения гипертонии, онкологических заболеваний.	4	Работа с литературой и интернет-ресурсами	Рекомендуемая литература Интернет-ресурсы	Реферат
Неорганически	Использование	2	Работа с	Рекоменд	Реферат

е биоматериалы.	искусственных материалов для остеосинтеза и моделирования тканей человека		литературой и интернет- ресурсами	уемая литератур а Интернет- ресурсы	
Итого		32			

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 5.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

#### Формируемые компетенции:

Код и наименование компетенции	Этапы формирования
ДПК-1 Способен проводить научно-исследовательские лабораторные работы и экспертизу биологического материала	1. Работа на лекциях и защита лабораторных работ 2. Выполнение заданий для самостоятельного изучения

### 5.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Оцениваемые компетенции	Уровень сформированности	Этап формирования	Описание показателей	Критерии оценивания	Шкала оценивания
ДПК - 1	Пороговый	1. Работа на лекциях и защита лабораторных работ 2. Доклад на занятиях 3. Выполнение заданий для самостоятельного изучения	<i>Знать</i> основы бионеорганической химии как комплексной науки; биологическую роль неметаллов и металлов, входящих в органические соединения, структуру и свойства биолигандов; <i>уметь</i> применять физико-химические методы для исследования металлокомплексов с биолигандами;	Опрос, тестирование, доклад, презентация, выполнение лабораторных работ в форме практической подготовки	Шкала оценивания опроса Шкала оценивания тестирования, Шкала оценивания доклада Шкала оценивания выполнения лабораторной работы в форме практической подготовки Шкала оценивания презентации

			соблюдать правила эксплуатации лабораторного оборудования.		
	Продвинутый		<p><i>Знать</i> механизмы образования и структуру металлокомплексов с биополимерами; функции металлокомплексов с биополимерами</p> <p><i>Уметь</i> Планировать и реализовывать физико-химическое исследование комплексов биогенных элементов;</p> <p><i>Владеть</i> навыками планирования, проведения, анализа и интерпретации результатов научного эксперимента</p>	Опрос, тестирование, доклад, презентация, выполнение лабораторных работ в форме практической подготовки	<p>Шкала оценивания опроса</p> <p>Шкала оценивания тестирования,</p> <p>Шкала оценивания доклада</p> <p>Шкала оценивания выполнения лабораторной работы в форме практической подготовки</p> <p>Шкала оценивания презентации</p>

### Шкала оценивания опроса

Показатель	Балл
Ответ полный и содержательный, соответствует теме; студент умеет аргументировано отстаивать свою точку зрения, демонстрирует знание терминологии дисциплины	2
Ответ в целом соответствует теме (не отражены некоторые аспекты); студент умеет отстаивать свою точку зрения (хотя аргументация не всегда на должном уровне); демонстрирует удовлетворительное знание терминологии дисциплины	1
Ответ неполный как по объему, так и по содержанию (хотя и соответствует теме); аргументация не на соответствующем уровне, некоторые проблемы с употреблением терминологии дисциплины	0

Максимальное количество баллов – 6 (по 2 балла за каждый опрос).

### Шкала оценивания выполнения лабораторной работы в форме практической подготовки

Критерии оценивания	Баллы
Работа выполнена полностью по плану и сделаны правильные выводы;	4
Работа выполнена правильно не менее чем на половину или допущена существенная ошибка	2
Работа не выполнена	0

Максимальное количество баллов – 32 (по 4 балла за работу).

### Шкала оценивания доклада

Показатель	Балл
Доклад соответствует заявленной теме, выполнен с привлечением достаточного количества научных и практических источников по теме, студент в состоянии ответить на вопросы по теме доклада.	5
Доклад в целом соответствует заявленной теме, выполнен с привлечением нескольких научных и практических источников по теме, студент в состоянии ответить на часть вопросов по теме доклада.	3
Доклад не совсем соответствует заявленной теме, выполнен с использованием только 1 или 2 источников, студент допускает ошибки при изложении материала, не в состоянии ответить на вопросы по теме доклада.	1

### Шкала оценивания презентации

Показатель	Балл
Представляемая информация систематизирована, последовательна и логически связана. Проблема раскрыта полностью. Широко использованы возможности технологии <i>PowerPoint</i> .	5
Представляемая информация в целом систематизирована, последовательна и логически связана (возможны небольшие отклонения). Проблема раскрыта. Возможны незначительные ошибки при оформлении в <i>PowerPoint</i> (не более двух).	3
Представляемая информация не систематизирована и/или не совсем последовательна. Проблема раскрыта не полностью. Выводы не сделаны или не обоснованы. Возможности технологии <i>PowerPoint</i> использованы лишь частично.	1

### Шкала оценивания реферата

Показатель	Балл
Содержание соответствуют поставленным цели и задачам, изложение материала отличается логичностью и смысловой завершенностью, студент показал владение материалом, умение четко, аргументировано и корректно отвечать на поставленные вопросы, отстаивать собственную точку зрения.	6
Содержание недостаточно полно соответствует поставленным цели и задачам исследования, работа выполнена на недостаточно широкой источниковой базе и не учитывает новейшие достижения, изложение материала носит преимущественно описательный характер, студент показал достаточно уверенное владение материалом, однако недостаточное умение четко, аргументировано и корректно отвечать на поставленные вопросы и отстаивать собственную точку зрения.	3

Содержание не отражает особенности проблематики избранной темы, - содержание работы не полностью соответствует поставленным задачам, источниковая база является фрагментарной и не позволяет качественно решить все поставленные в работе задачи, работа не учитывает новейшие достижения историографии темы, студент показал неуверенное владение материалом, неумение отстаивать собственную позицию и отвечать на вопросы	1
Работа не имеет логичной структуры, содержание работы в основном не соответствует теме, источниковая база исследования является недостаточной для решения поставленных задач, студент показал неуверенное владение материалом, неумение формулировать собственную позицию.	0

### **Шкала оценивания тестовой работы**

Максимальное количество баллов - 15

0-20 % правильных ответов оценивается как «неудовлетворительно» (3-балла);

21-40% - 6 баллов;

41-60% - 9 баллов

61-80% – 12 баллов;

81-100% - 15 баллов.

### **5.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.**

#### **Тематика лабораторных работ в форме практической подготовки**

1. Определение содержания натрия и калия в биологических жидкостях методом пламенной фотометрии.
2. Определение содержания фтора в почечных камнях потенциометрическим микрометодом.
3. Лабораторная работа «Определение содержания хлорид-иона в биологических объектах»
4. Лабораторная работа «Определение нитрат-ионов в биологических объектах»
5. Определение содержания железа в биологических жидкостях спектрофотометрическим методом.
6. Определение константы нестойкости комплексов меди кондуктометрическим методом.
7. Образование металлокомплексов с биолигандами. Теория жестких и мягких кислот и оснований.
8. Применение металлокомплексов с биолигандами в медицине.

#### **Примерные вопросы для текущего контроля**

1. По содержанию в организме человека углерод и кремний являются с
2. Что является основным минеральным компонентом костной и зубной тканей
3. Концентрация ионов калия большевнутри или вне клетки?
4. При лечении каких заболеваний используются калия йодид и натрия ?
5. К какой группе элементов по содержанию в организме человека относится кислород?
6. Напишите молекулярную формулу буре и ее химическое название. Укажите на чем основано ее применение в медицинской практике. Составьте ионное и молекулярное уравнение ее гидролиза. Укажите pH раствора.
7. Химические основы токсического действия ионов Pb (II) с позиций теории Пирсона (ЖМКО) и меры детоксикации.

8. Составьте ионное и молекулярное уравнение гидролиза гидрокарбоната натрия. Укажите pH раствора. Как сместить равновесие гидролиза в сторону образования исходных веществ? Какую роль играют гидрокарбонат-ионы в поддержании постоянства pH крови?

9. Какая равновесная система образуется при растворении аммиака в воде? Как доказать его наличие в растворе? Напишите уравнение реакции и укажите ее аналитический эффект. С какой целью применяется 10% раствор аммиака в медицинской практике?

10. Составьте молекулярное уравнение гидролиза нитрата висмута (III). Как используя принцип Ле Шателье, можно сместить равновесие в сторону образования исходных веществ?

11. Какой препарат висмута (III) применяется в медицинской практике? Запишите его название на латинском и русском языках.

12.. Укажите характер среды в растворе гидрофосфата натрия. Ответ обоснуйте. Приведите необходимые уравнения реакций. В состав какой буферной системы крови входит гидрофосфат-ион? Укажите ее роль в организме человека.

13.. Укажите характер среды в растворе дигидрофосфата калия. Ответ обоснуйте. Какую буферную систему образуют гидро- и дигидрофосфаты и ее роль в организме человека.

14. В чем состоит химизм антацидного действия гидроксида алюминия?

15. Чем объясняется токсическое действие на организм угарного газа?

### Примеры тестовых заданий

1. Лучшими комплексообразователями являются

- 1) S-элементы
- 2) D-элементы
- 3) P-элементы
- 4) F-элементы

2. Между внешней и внутренней сферами комплексных соединений образуется химическая связь

- 1) Ковалентная
- 2) Водородная
- 3) Ионная
- 4) Металлическая

3. Хелаты—это

- 1) Циклические внутрикомплексные соединения металлов с

полидентатнымилигандами

- 2) Многоядерные комплексы металлов с монодентатнымилигандами
- 3) Нейтральные комплексы с лигандами—молекулами CO
- 4) Катионные комплексы металлов с монодентатнымилигандами.

4. У молекул аминокислот при комплексообразовании донорными группировками являются

- 1)  $-\text{COOH}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$
- 2)  $-\text{NH}_2^+$ ,  $-\text{COOH}$
- 3)  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $-\text{NH}_2^+$ ,
- 4)  $-\text{NH}_2^+$ ,  $\text{OH}^-$

5. В молекулах фосфолипидов при комплексообразовании донорными группировками не являются

- 1) Амино-группа
- 2) Гидроксо-группа
- 3) Фосфатная группа
- 4) Углеводородная цепочка

6. Согласно теории Льюиса жесткими кислотами являются частицы
- 1) малого размера, акцепторы электронной пары
  - 2) с высокой электроотрицательностью, доноры электронной пары
  - 3) Большого размера с малым положительным зарядом
  - 4) Большого размера, доноры электронной пары.
7. Мягкие кислоты перечислены в ряду
- 1)  $H^+$ ,  $Na^+$ ,  $Li^+$
  - 2)  $Ag^+$ ,  $Cu^+$ ,  $Pb^{2+}$
  - 3)  $OH^-$ ,  $F^-$ ,  $Cl^-$
  - 4)  $I$ ,  $C_6H_6$ ,  $C_2H_4$
8. С увеличением степени окисления атома металла жесткость кислоты Льюиса
- 1) Растет
  - 2) Уменьшается
  - 3) Не меняется
  - 4) Сначала растет, затем уменьшается
9. Серусодержащие аминокислоты преимущественно соединяются
- 1) С жесткими кислотами
  - 2) С жесткими основаниями
  - 3) С мягкими кислотами
  - 4) С мягкими основаниями
10. Факторами, определяющими устойчивое комплексообразование металлов с биолигандами являются
- 1) Наличие донорной группировки лиганда
  - 2) Нужная конформация молекулы лиганда
  - 3) Хелатный эффект
  - 4) Все перечисленные факторы.
11. Миоглобин (2 ответа)
- а) включает в себя небелковую часть - гем и белковую - апомиоглобин,
  - б) включает только апомиоглобин
  - в) в его состав входит  $Fe^{+2}$
  - г) в его состав входит  $Fe^{+3}$
  - д) не способен связывать кислород.
12. Верны ли следующие суждения:
- 1) В состав цитохромов как центральный атом входит только  $Fe^{+2}$
  - 2) процессы в дыхательной цепи, катализируемые цитохромоксидазами - окислительно-восстановительные.
- а) верны оба
  - б) верно только 1
  - в) верно только 2
  - г) неверны оба.
13. Закончите уравнения возможных реакций, укажите мягкие и жесткие кислоты и основания по Льюису:
- а)  $[Cu(NH_3)_4]Cl_2 + K OH =$
  - б)  $K_2[HgI_4]^{2-} + H_2O$
  - в)  $[Ag(NH_3)_2]NO_3 + Na =$
  - г)  $K_3[Fe(CNS)_6]^{3-} + H_2O$
14. Гемоцианин - это
- а) гемовый белок с центральным атомом железа
  - б) негемовый белок с центральным атомом меди (I)
  - в) негемовый белок с центральным атомом цинка
  - г) негемовый белок с центральным атомом меди (II)
15. Установите соответствие между железосодержащим белком и его функцией

1) ферритин	а) перенос электрона в ок.-восст. цепи за счет окисления атома железа
2) трансферин	б) депонирование $Fe^{3+}$ в клетке
3) кубан	в) перенос $Fe^{2+}$ в клетку
4) пероксидаза	г) катализ реакции окисления

16. Только мягкие кислоты Льюиса расположены в ряду  
 а)  $\text{Cu}^+$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Hg}^+$     в)  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  
 б)  $\text{H}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,        г)  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ .
- 17.. Для карбоангидразы HE верно, что  
 а) центральным атомом этого комплекса является цинк  
 б) она катализирует процесс гидратации углекислого газа  
 в) процесс начинается с депротонирования комплекса  
 г) координационное число цинка в этом комплексе равно 6.
18. Из характеристик лекарственного препарата цисплатина не верно, что  
 а) это комплекс платины с координационным числом 4  
 б) является противоопухолевым препаратом для химиотерапии  
 в) 63% его связываются с гуанином в ДНК клетки, что вызывает складывание и поворот молекулы на  $45^\circ$ ,  
 г) 63% препарата оказывают побочные действия на организм.

### Темы докладов и презентаций

1. Классификация элементов по их массовым долям в организме.
2. Биологическая роль неорганических соединений неметаллов.
3. Особенности электронного строения атомов s- и d-биометаллов.
4. Состав, структура и свойства аминокислот, пептидов и белков
5. Состав и свойства нуклеиновых кислот и липидов.
6. Классификация углеводов. Строение и свойства полисахаридов. Роль ациклических и циклических форм в комплексообразовании.
7. Кислород и его роль в дыхательном цикле живых организмов. Биологическая роль озона.
8. Углерод, значение его неорганических соединений для человека.
9. Сера и ее роль в метаболизме в составе белков; сульфаты и сероводород в желудочно-кишечном тракте.
10. Галогены: роль хлорид-ионов в создании внутренней среды организма.

### Темы рефератов

1. Биологическая роль натрия, калия и лития.
2. Биологическая роль элементов триады железа.
3. Биологическая роль меди, серебра и золота.
4. Структуры молекулы белка. Белки как биолиганды.
5. Строение молекулы гемоглобина. Дезоксигемоглобин, метгемоглобин, оксигемоглобин.
6. Особенности строения нуклеиновых кислот. Нуклеиновые кислоты как биолиганды.
7. Ферменты как комплексы биометаллов с биолгиандами (на примерах карбоксиангидразы и карбоксипептидазы).
8. Лекарственные формы на основе комплексов меди, серебра и золота как бактерицидные средства. Их физиологическое действие.
9. Препараты на основе соединений магния, кальция и алюминия – антацидные средства.
10. Применение комплексов европия во флуоресцентном иммуноанализе.
11. Препараты на основе комплексов железа, используемые для лечения патологий кровеносной системы
12. Комплексы платины, лежащие в основе препаратов для лечения онкологических заболеваний.
13. Биоминерализация и ее роль для создания неорганических полимерных композитов, имитирующих свойства биологических тканей.

14. Физиологическое воздействие фтора на организм человека.
15. Строение молекулы хлорофилла. Его роль в энергетическом обеспечении окислительно-восстановительных процессов при фотосинтезе.

### Вопросы к зачету

1. Место бионеорганической химии среди традиционных химических дисциплин и основные направления ее развития.
2. Объект исследования в бионеорганической, элементарорганической, органической и неорганической химии.
3. Характеристика свойств атомов биометаллов.
4. Основные понятия и категории координационной химии в применении к характеристике комплексных соединений биометаллов с биолигандами.
5. Геометрия различных комплексов биометаллов в связи с наиболее распространенными координационными числами последних.
6. Биологические функции ионов непереходных биометаллов в связи с их химией, типами и конфигурацией связей в комплексах *in vitro*.
7. Биологические функции ионов переходных биометаллов в связи с их химией, типами и конфигурацией связей в комплексах *in vitro*.
8. Классификация реальных кислот и оснований по их электронно-химическим характеристикам.
9. Применимость концепции жестких и мягких кислот и оснований к объяснению избирательности и специфичности металлолигандного взаимодействия.
10. Химические связи в координационных соединениях биометаллов и биолигандов.
11. Комплексы аминокислот и пептидов с биометаллами.
12. Основные закономерности взаимодействия нуклеиновых кислот с ионами металлов.
13. Взаимодействие белков с ионами металлов. Хелатный эффект. Макроциклический эффект.
14. Кинетика комплексообразования металл-биолиганд. «Общая» и «ступенчатая» константы устойчивости.
15. Функции, выполняемые ионом металла в ферментативном катализе. Критерий истинности металлоферментов.
16. Влияние белкового лиганда на координацию молекул кислорода в гемоглобине и миоглобине.
17. Гемоцианин, Гемэритрин. Структуры центров связывания кислорода.
18. Роль цинка в каталитической функции карбоксипептидазы А.
19. Карбоангидраза. Характеристика области активного центра. Функция металла.
20. Роль молибдена в биологических системах.
21. Основные направления применения комплексов металлов с биолигандами

### **5.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Программа освоения дисциплины предусматривает опрос, доклад, презентацию, реферат, тестирование, выполнение лабораторных занятий и задания по практической подготовке.

Требования к оформлению и выполнению всех предусмотренных в рабочей программе дисциплин форм отчетности и критериев оценивания отражены в методических рекомендациях.

Максимальное количество баллов по дисциплине - 100 баллов.

Максимальное количество баллов, которое может набрать студент в течение семестра за различные виды работ – 80 баллов.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

Максимальная сумма баллов, которые студент может получить на зачете – 20 баллов.

Зачет проводится по вопросам. На зачете студенты должны давать развернутые ответы на вопросы, приводя достаточное количество примеров.

**Шкала оценивания выполнения порогового уровня освоения дисциплины  
(вовлеченность в учебный процесс на занятиях) (макс. 11 баллов)**

<b>Вид работы</b>	<b>Шкала оценивания</b>	<b>Количество баллов</b>
Посещение лекций и работа на лабораторных занятиях, выполнение заданий по программе дисциплины.	Посещение 90-100% занятий по всем темам дисциплины, активная работа в рамках занятия, участие в полилоге, дискуссии, качественное выполнение всех предусмотренных программой заданий.	10-11
	Посещение 70-90% занятий по всем темам дисциплины, активная работа в рамках занятия, участие в обсуждении вопросов темы, качественное выполнение 75-90% предусмотренных программой заданий.	8-9
	Посещение 50-70% занятий по всем темам дисциплины, нерегулярная работа в рамках занятия, выполнение (с рядом недочётов) примерно половины всех предусмотренных программой заданий.	5-7
	Посещение менее 50% занятий по всем темам дисциплины, студент пассивен при обсуждении вопросов темы, не участвует в дискуссии, выполнение заданий фрагментарное, не соответствующее требованию преподавателя, при выполнении задания допущены ошибки.	0-4

**Сводная шкала оценивания**

<b>Вид работы</b>	<b>Максимальное количество баллов</b>
Вовлеченность в учебный процесс на занятиях	11
Выполнение лабораторных работ в форме практической подготовки	32
Опрос	6
Реферат	6
Доклад	5
Презентация	5
Тест	15
Зачет	20
<b>Итого</b>	<b>100</b>

**Шкала оценивания зачета**

<b>Критерий оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Полно раскрыто содержание материала в объеме программы; четко и правильно даны определения и раскрыто содержание понятий; верно использованы научные термины; для доказательства использованы	16-20

различные умения, выводы из наблюдений и опытов; ответ самостоятельный, использованы ранее приобретенные знания.	
Раскрыто основное содержание материала; в основном правильно даны определения понятий и использованы научные термины; определения понятий неполные, допущены незначительные нарушения последовательности изложения, небольшие неточности при использовании научных терминов или в выводах и обобщениях из наблюдений и опытов.	11-15
Усвоено основное содержание учебного материала, но изложено фрагментарно, не всегда последовательно; определения понятий недостаточно четкие; не использованы в качестве доказательства выводы и обобщения из наблюдений и опытов или допущены ошибки при их изложении; допущены ошибки и неточности в использовании научной терминологии, определении понятий.	6-10
Основное содержание вопроса не раскрыто; не даны ответы на вспомогательные вопросы; допущены грубые ошибки в определении понятий, при использовании терминологии.	0-5

### Итоговая шкала выставления оценки по дисциплине

Итоговая оценка по дисциплине выставляется по приведенной ниже шкале. При выставлении итоговой оценки преподавателем учитывается работа студента в течение всего срока освоения дисциплины, а также баллы, полученные на промежуточной аттестации.

Баллы, полученные обучающимся в течение освоения дисциплины	Оценка по дисциплине
81-100	зачтено
61-80	зачтено
41-60	зачтено
0-40	Не зачтено

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Основная литература

1. Егоров, В.В. Бионеорганическая химия : учеб.пособие / В. В. Егоров. - 3-е изд., доп. - СПб. : Лань, 2023. - 412с.

### 6.2. Дополнительная литература

1. Добрынина Н.А. «Бионеорганическая химия». Методическое пособие для студентов. М.: МГУ, 2007, 32 с.

2. Ленский А.А., Белавин И.Ю., Быликин С.Ю. Биофизическая и бионеорганическая химия: 2-е издание, исправленное и дополненное. М.: МИА, 2020, 408 с.

3. Логинова М.В. «Бионеорганическая химия: металлокомплексы в медицине». Учебное пособие. Мн.: БГУ, 2010, 200 с.

4. Слесарев В.И. Основы химии живого : учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по естественнонаучным направлениям и специальностям / В. И. Слесарев. — Изд. 7-е, испр. — Санкт-Петербург : Химиздат, 2017. — 782.

### 6.3 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Справочник студента : [сайт]. — URL: <http://www.Alhimik.ru>

2. Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/searchresults.html> Режим доступа: для авторизир. пользователей

## 7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Свердлова Н.Д. Методические рекомендации к освоению дисциплины «Биогенные элементы» для направления подготовки 06.03.01 Биология, профиль подготовки «Биомедицинские технологии» М.: МГОУ 2017

## 8. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Электронно-библиотечные системы (ЭБС ГУП)

1. Ресурсы East View Publication URL: <http://www.ebiblioteka.ru> – ЭБС «ИВИС»;
2. ЭБС ZNANIUM.COM URL: <http://znanium.com>;
3. Электронно-библиотечная систем (ЭБС): Университетская библиотека он - лайн (Директ-Медиа <http://www.biblioclub.ru>);
4. «Научная педагогическая библиотека им. К.Д. Ушинского Российской академии образования»<http://www.gnpbu.ru/>
5. «Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU» <http://elibrary.ru>

Лицензионное программное обеспечение:

MicrosoftWindows  
MicrosoftOffice  
KasperskyEndpointSecurity

Информационные справочные системы:

Система ГАРАНТ  
Система «КонсультантПлюс»

Профессиональные базы данных

fgosvo.ru  
pravo.gov.ru

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает в себя:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованные учебной мебелью, доской, демонстрационным оборудованием;

- помещения для самостоятельной работы, укомплектованные учебной мебелью, персональными компьютерами с подключением к сети Интернет и обеспечением доступа к электронным библиотекам и в электронную информационно-образовательную среду университета;

- помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования, укомплектованные мебелью (шкафы/стеллажи), наборами демонстрационного оборудования и учебно-наглядными пособиями;

- лаборатория, оснащенная оборудованием: персональными компьютерами с подключением к сети Интернет, наборами демонстрационного оборудования и учебно-наглядными пособиями.