

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор, проректор  
по УР

\_\_\_\_\_ А.Е. Рудин

## Рабочая программа дисциплины

**Б1.О.32**

Бионеорганическая химия

Учебный план: 2025-2026 04.05.01 ИПХЭ Медицинская химия ОО №3-1-155.plx

Кафедра: **44** Теоретической и прикладной химии

Направление подготовки:  
(специальность) 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

Профиль подготовки: специализация "Медицинская химия"  
(специализация)

Уровень образования: специалитет

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа обучающихся			Сам. работа	Контроль, час.	Трудоё мкость, ЗЕТ	Форма промежуточной аттестации	
	Лекции	Практ. занятия	Лаб. занятия					
8	УП	34	34	34	41,75	0,25	4	Зачет
	РПД	34	34	34	41,75	0,25	4	
Итого	УП	34	34	34	41,75	0,25	4	
	РПД	34	34	34	41,75	0,25	4	

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия, утверждённым приказом Минобрнауки России от 13.07.2017 г. № 652

Составитель (и):

доктор химических наук, Профессор

\_\_\_\_\_

Зыкова Ирина Викторовна

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой теоретической и прикладной химии

\_\_\_\_\_

Новоселов Николай  
Петрович

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

Новоселов Николай  
Петрович

Методический отдел:

\_\_\_\_\_

## 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1 Цель дисциплины:** сформировать компетенции обучающегося в области биохимических процессов, происходящих в организмах при участии ионов металлов

### 1.2 Задачи дисциплины:

Сформировать представления о функциях металлов в организме, роли металлов в ферментативном катализе, влиянию их на конформацию биологических макромолекул, взаимодействию ионов металлов с нуклеиновыми кислотами и транспорте ионов металлов в организме, проницаемости природных мембран для катионов, водно-солевому обмену. На основе полученных теоретических основ обучающиеся должны получить представление о формах химических элементов в организмах и моделировать физиологические и патологические процессы в живом организме.

### 1.3 Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Предварительная подготовка предполагает создание основы для формирования компетенций, указанных в п. 2, при изучении дисциплин:

- Высокомолекулярные соединения
- Физическая химия
- Общая и неорганическая химия
- Органическая химия
- Химические основы биологических процессов
- Химия гетероциклических соединений

## 2 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>ОПК-2: Способен проводить химический эксперимент с использованием современного оборудования, соблюдая нормы техники безопасности</b>
<b>Знать:</b> классификацию химических элементов по их роли в живых системах; механизмы комплексообразования, как важный фактор, определяющий биологические функции ряда ферментов; роль ионов металлов в биокаталитических процессах, кофакторы; особенности термодинамики биохимических процессов в живых системах.
<b>Уметь:</b> выявлять взаимосвязь между свойствами химических элементов и их ролью в живых системах; использовать справочные данные для вычисления равновесий комплексообразования; выявлять роль комплексообразования в формировании каталитической активности ферментов; анализировать самопроизвольные процессы в живых системах с позиций термодинамики.
<b>Владеть:</b> навыками оценки биогенных свойств химических элементов с позиций их способности образовывать комплексы с участием биополимеров.

## 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий	Семестр (курс для ЗАО)	Контактная работа			СР (часы)	Инновац. формы занятий	Форма текущего контроля
		Лек. (часы)	Пр. (часы)	Лаб. (часы)			
Раздел 1. Координационная химия в бионеорганических системах							
Тема 1. Основные понятия бионеорганической химии. Задачи бионеорганической химии. Связь с другими науками. Биокоординационная химия. Применение координационных соединений в медицине. Классификация металлов. Макро- и микроэлементы. Эссенциальные металлы. Биологическая активность химического элемента и его положения в периодической системе Д.И.Менделеева. Практическое занятие: Задачи бионеорганической химии. Биокоординационная химия.	8	4	4		4		С,Л

<p>Тема 2. Основные аспекты координационной химии применительно к бионеорганическим системам. Понятие координационного и комплексного соединения. Пространственное строение координационных соединений. Химическая связь в координационных соединениях. Взаимное влияние лигандов в координационных соединениях. Концепция ЖМКО в координационной химии. Лабораторная работа: Комплексные соединения. Практическое занятие: Основные аспекты координационной химии применительно к бионеорганическим системам.</p>		2	2	2	4	ГД	
<p>Раздел 2. ДНК в организме и ее взаимодействие с низкомолекулярными эффекторами</p>							Л,С
<p>Тема 3. Нуклеотиды и нуклеиновые кислоты. Состав моноклеотида. Пуриновые и пиримидиновые основания. Пентозы (дезоксирибоза). Нуклеозиды. Биологическая роль нуклеотитов: строительные блоки нуклеиновых кислот, обмен, аккумулярование и перенос энергии, простетические группы окислительно-восстановительных ферментов, катализаторы различных реакций обмена веществ. Правила Чаргаффа. Функции ДНК в организме и ее взаимодействие с низкомолекулярными эффекторами. Первичная структура ДНК. Организация двойной спирали. Условие комплементарности. Взаимодействие ДНК с ионами металлов. Стабилизация пространственной структуры ДНК в присутствии металлов. Влияние ионов металлов на равновесие между различными формами ДНК и на переходы спираль - клубок. Участие металлов в процессах мутагенеза и канцерогенеза. Центры связывания ионов металлов на поверхности нуклеиновых кислот. Лабораторная работа: Комплексные соединения. Практическое занятие: Нуклеотиды и нуклеиновые кислоты.</p>		4	4	4	4		

<p>Тема 4. Взаимодействие ДНК с комплексами металлов, обладающими противоопухолевой активностью. Биодоступность координационных соединений. Противоопухолевые препараты на основе комплексов платины(II) (цисплатин, карбоплатин) и платины(IV) (оксоплатин). Препараты на основе комплексных соединений других металлов (интеркаляторы). Зависимость противоопухолевой активности препаратов от геометрической конфигурации координационных соединений (внутринитевое сшивание с образованием хелата). Факторы, влияющие на противоопухолевую активность комплексов. Сравнительная токсичность онкопрепаратов. Комплексы металлов с порфиринами и порфириноподобными веществами. Структура порфиринов. Гемоглобин и миоглобин. Транспорт кислорода гемоглобином эритроцитов. Удержание кислорода в мышцах миоглобином. Геометрия железопорфиринов. Схема координации в оксигенированном гемоглобине. Спиновое состояние железа (II) в окси- и дезоксигемоглобине. Образование связи при взаимодействии центрального атома с молекулой кислорода. Токсиканты гемического типа (монооксид углерода, оксиды азота, метиленовый синий). Образование карбоксигемоглобина. Метгемоглобинообразователи (окислители). Практическое занятие: Взаимодействие ДНК с комплексами металлов, обладающими противоопухолевой</p>	4	4		6	ГД	
<p>Раздел 3. Металлоферменты</p>						
<p>Тема 5. Металлоферменты. Общие сведения. Металлоферментные комплексы и истинные металлоферменты. Катализируемые металлоферментами реакции (гидролитические реакции и окислительно-восстановительные реакции). Примеры металлоферментов и катализируемых ими реакций. Многоцентровые металлоферменты. Особенности строения металлсодержащего кластера. Способы участия металла в ферментативных реакциях. Лабораторная работа: Комплексные соединения. Практическое занятие: Металлоферменты.</p>	4	4	4	4		Л

<p>Тема 6. Характер действия ионов металлов и лигандов на каталитическую активность ферментов.</p> <p>Типы взаимодействия фермента с ионом металла и лигандом (субстратом).</p> <p>Комплексы с лигандом (субстратом), который выполняет роль мостика (ион металла участвует в катализе, не взаимодействуя непосредственно с ферментом). Комплексы, в которых ион металла либо полностью, либо частично связывает лиганд. Комплексы, где в качестве мостика выступает фермент.</p> <p>Ингибирующее действие некоторых металлов. Каталитическая активность и свойства иммобилизованных ферментов в присутствии ионов металлов.</p> <p>Активирующее влияние катионов металлов. Двойственный характер действия ионов металлов в зависимости от их концентрации.</p> <p>Лабораторная работа: Комплексные соединения, аквакомплексы.</p> <p>Практическое занятие: Характер действия ионов металлов и лигандов на каталитическую активность ферментов.</p>	4	4	6	4	ГД	
<p>Раздел 4. Взаимодействие металлов с простетическими группами</p>						
<p>Тема 7. Взаимодействие металлов с простетическими группами.</p> <p>Ферредоксины. Перенос электронов с участием ферредоксинов. Стоение ферредоксина. Лабильная и тиольная сера цистеина. Перенос электронов в процессах фотосинтеза, фиксации атмосферного азота, образования АТФ при участии ферредоксинов.</p> <p>Железосодержащие кластеры фотосинтезирующих бактерий. Резервы железа в организме. Сидерофоры - полиидентатные лиганды с высоким сродством к ионам железа (III). Захват железа из внешней среды. Спиновое состояние железа(III) в комплексах с сидерофорами и их пространственное строение.</p> <p>Практическое занятие: Взаимодействие металлов с простетическими группами.</p>	4	4		4		С,Л

<p>Тема 8. Ферритин - нетоксичная форма железа(III) в организме. Состав ядер ферритина, находящихся в полипептидных цепях.</p> <p>Транспорт железа(III) к клеткам (ретикулоцитам), в которых происходит образование гемоглобина. Трансферрины. Источники трансферринов (лактоферрины, кональбумин и сывороточный трансферрин). Координационное окружение железа(III) в трансферрине. Специфичность трансферриновых частиц по отношению к ретикулоцитам. Транспорт кислорода в организмах беспозвоночных. Гемэритрин. Строение молекулы. Отличие от гемоглобина.</p> <p>Лабораторная работа: Комплексные соединения железа.</p> <p>Практическое занятие: Ферритин - нетоксичная форма железа(III) в организме. Состав ядер ферритина, находящихся в полипептидных цепях.</p>		4	4	8	4		
<p>Тема 9. Медь. Медьсодержащие оксидазы. Гемоцианин.</p> <p>Строение координационного узла гемоцианина. Строение пластоцианина. Биохимические функции молибдена. Окислительно-восстановительные молибденсодержащие ферменты. Молибден-ксантинооксидаза. Фиксация молекулярного азота. Фермент нитрогеназа. Нитридный механизм фиксации молекулярного азота. Диазеновый механизм. Роль марганца в ферментативном катализе и в организме. Роль цинка в организме. Карбангидраза.</p> <p>Лабораторная работа: Комплексные соединения меди.</p> <p>Практическое занятие: Медьсодержащие оксидазы. Гемоцианин.</p>		2	2	6	4		
<p>Тема 10. Биологически активные щелочные металлы и их функции в организме.</p> <p>Ионный (натриевый насос). Ионифоры - комплексообразователи щелочных металлов</p> <p>Лабораторная работа: Комплексные соединения щелочных металлов.</p> <p>Практическое занятие: Биологически активные щелочные металлы и их функции в организме.</p>		2	2	4	3,75	ГД	
Итого в семестре (на курсе для ЗАО)		34	34	34	41,75		
Консультации и промежуточная аттестация (Зачет)		0,25					
<b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>		102,25			41,75		

#### 4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовое проектирование учебным планом не предусмотрено

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1 Описание показателей, критериев и системы оценивания результатов обучения

#### 5.1.1 Показатели оценивания

Код компетенции	Показатели оценивания результатов обучения	Наименование оценочного средства
ОПК-2	Излагает основные понятия биологии и неорганической химии, перечисляет и описывает функции неорганических ионов и комплексов металлов в живом организме; Анализирует методы моделирования бионеорганических систем в живых организмах; Использует знания в области бионеорганической химии для решения задач медицины, фармакологии.	Вопросы для устного собеседования. Практико-ориентированные задания.

#### 5.1.2 Система и критерии оценивания

Шкала оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	
	Устное собеседование	Письменная работа
Зачтено	Обучающийся демонстрирует всестороннее, систематическое и глубокое знание основного и дополнительного учебного материала, правильно решает практическое задание; демонстрирует критический, оригинальный подход к материалу.	
Не зачтено	Обучающийся показывает незнание основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки при ответе	

### 5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

#### 5.2.1 Перечень контрольных вопросов

№ п/п	Формулировки вопросов
Семестр 8	
1	В чем отличие денатурации белков и ДНК?
2	Как происходит транспорт железа в организме?
3	Перечислите возможные варианты участия металлов в ферментативных реакциях.
4	Каковы возможные центры связывания металла с нуклеиновой кислотой?
5	В чем отличия ионных и нейтральных ионофоров?
6	За счет чего возможен в организме перенос ионов через мембраны против градиента концентрации.
7	Как происходит комплексообразование ионов магния с АТФ?
8	Функция натрия в организме.
9	Что является источником энергии в ионном (натриевом) насосе?
10	Какие вы знаете синтетические ионофоры?
11	Что такое жизненно необходимые (эссенциальные) металлы.
12	Перечислите функции кальция в организме и механизм его обмена.
13	Назовите функции магния в организме и признаки нарушения магниевых обмена.
14	Роль воды в организме и ее обмен.
15	Транспорт железа в организме: негеминные железопротейды.
16	Перечислите возможные варианты участия металлов в ферментативных реакциях.
17	Гидролитические реакции, катализируемые металлоферментами.
18	Марганец как активатор ферментов - трансфераз.
19	Основные признаки живой материи. Второй закон термодинамики для биологических систем.
20	Кобальт, функции в организме.

## 5.2.2 Типовые тестовые задания

не предусмотрены

## 5.2.3 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. Приведите примеры ферментов, в активных центрах которых присутствуют функциональные группы, содержащие координирующий атом серы и азота.
2. Карбоангидраза. Какую реакцию катализирует этот фермент, строение активного центра, механизм действия.
3. Характеристика железосерных кластеров, их строение. Примеры модельных соединений.
4. Гемоглобин. Активный центр, механизм действия, нарушение работы. Пероксидаза и каталаза. Активные центры и механизмы действия.
5. Какую реакцию катализирует фермент Cu,Zn супероксид-дисмутаза? Опишите его активный центр и механизм действия.
6. Опишите каталитический цикл цитохром с оксидазы. Какую реакцию катализирует этот фермент?
7. Какие функции могут выполнять соли металлов в качестве лекарственных препаратов? Приведите несколько примеров.
8. Какие Вы знаете лекарственные препараты, содержащие магний?
9. В каких областях медицины применяют соединения алюминия? Приведите примеры.
10. Назовите типы медьсодержащих центров, опишите их активный центр.

## 5.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

### 5.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПбГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

### 5.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  + Письменная  Компьютерное тестирование  Иная

### 5.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

На подготовку к ответу дается 0,5 часа.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1 Учебная литература

Автор	Заглавие	Издательство	Год издания	Ссылка
<b>6.1.1 Основная учебная литература</b>				
Гринвуд Н., Эрншо А.	Химия элементов (Электронный ресурс) : в 2 т. Т. 1 / пер. с англ. — 4-е издание (эл.). — (Лучший зарубежный учебник)	Москва: Лаборатория знаний	2018	<a href="https://ibooks.ru/reading.php?short=1&amp;productid=373242">https://ibooks.ru/reading.php?short=1&amp;productid=373242</a>
Гринвуд Н., Эрншо А.	Химия элементов (Электронный ресурс) : в 2 т. Т. 2 / пер. с англ. — 4-е издание (эл.). — (Лучший зарубежный учебник)	Москва: Лаборатория знаний	2018	<a href="https://ibooks.ru/reading.php?short=1&amp;productid=373243">https://ibooks.ru/reading.php?short=1&amp;productid=373243</a>
<b>6.1.2 Дополнительная учебная литература</b>				
Гаркушин, И. К., Лаврентьева, О. В., Лисов, Н. И.	Некоторые аспекты современной неорганической химии: в 3 частях. Ч.3. Химия элементов и их соединений	Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ	2019	<a href="http://www.iprbookshop.ru/111700.html">http://www.iprbookshop.ru/111700.html</a>
Ремизов, Г. М., Чайка, А. Н.	Химия элементов	Комсомольск-на-Амуре, Саратов: Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет, Ай Пи Ар Медиа	2019	<a href="https://www.iprbookshop.ru/85836.html">https://www.iprbookshop.ru/85836.html</a>

## 6.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

1. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. URL:<http://window.edu.ru/>.
2. Электронно-библиотечная система IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru>
3. Электронная библиотека учебных изданий СПбГУПТД: <http://publish.sutd.ru>
4. Единый портал интернет тестирования в сфере образования [Электронный ресурс]. URL:<http://www.i-exam.ru/>.
5. Материалы Информационно-образовательной среды заочной формы обучения СПбГУПТД [Электронный ресурс]. URL:[http://sutd.ru/studentam/extramural\\_student/](http://sutd.ru/studentam/extramural_student/).

## 6.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftOfficeProfessional  
Microsoft Windows

## 6.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лабораторные занятия со студентами проводятся в специализированных помещениях кафедры, оборудованных химической посудой, химическими реактивами, измерительными приборами (термометры, рН-метры, весы), дистиллятором, сушильными шкафами, муфельной печью, компьютером.

Аудитория	Оснащение
Лекционная аудитория	Мультимедийное оборудование, специализированная мебель, доска
Учебная аудитория	Специализированная мебель, доска