

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Химический институт им. А.М. Бутлерова



подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**  
Основы бионеорганической химии Б2.ДВ.3

Направление подготовки: 020100.62 - Химия

Профиль подготовки: Органическая химия

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Улахович Н.А.

**Рецензент(ы):**

Медянцева Э.П.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Амиров Р. Р.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_г

Учебно-методическая комиссия Химического института им. А.М. Бутлерова:

Протокол заседания УМК No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_г

Регистрационный No 715315

Казань  
2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Улахович Н.А. Кафедра неорганической химии Химический институт им. А.М. Бутлерова, Nikolay.Ulakhovich@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Подготовка к научно-исследовательской и педагогической деятельности, связанной с изучением биохимических процессов, происходящих в организмах при участии ионов металлов. 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.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б2.ДВ.3 Общепрофессиональный" основной образовательной программы 020100.62 Химия и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2, 3 курсах, 4, 5 семестры.

Является курсом по выбору учебного цикла Б 2 "Общепрофессиональный". Дисциплина базируется на знаниях и умениях, выработанных при освоении общих профессиональных курсов в базовой части учебного цикла Б 3 "Неорганическая химия" (химия элементов, комплексные соединения, окислительно-восстановительные реакции) и "Органическая химия" (аминокислоты и белки). Полученные при освоении дисциплины знания и умения облегчают освоение дисциплин "Координационные соединения", "Биокоординационная химия" и других курсов по выбору вариативной части профиля подготовки "Неорганическая и координационная химия".

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-6 (общекультурные компетенции)	использует основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применяет методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

функции неорганических ионов и комплексов металлов в живом организме

2. должен уметь:

ориентироваться в основных понятиях биологии и неорганической химии, в методах моделирования бионеорганических систем и живых клеток.

3. должен владеть:

навыками использования знаний в области бионеорганической химии для решения задач медицины, фармакологии, охраны окружающей среды.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных (ПК-3).

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины отсутствует в 4 семестре; зачет в 5 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Основные понятия бионеорганической химии.	4	1	2	0	0	домашнее задание
2.	Тема 2. Основные аспекты координационной химии применительно к бионеорганическим системам.	4	2	2	0	0	устный опрос
3.	Тема 3. Важнейшие биохимические молекулы как лиганды.	4	3	2	0	0	устный опрос
4.	Тема 4. Металлоферменты.	4	4	2	0	0	устный опрос
5.	Тема 5. Характер действия ионов металлов и лигандов на каталитическую активность ферментов.	4	5	2	0	0	устный опрос
6.	Тема 6. Нуклеотиды и нуклеиновые кислоты.	4	6	2	0	0	устный опрос
7.	Тема 7. Функции ДНК в организме и ее взаимодействие с низкомолекулярными эффекторами.	4	7	2	0	0	творческое задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
8.	Тема 8. Ионы металлов и репликация ДНК.	4	8	2	0	0	устный опрос
9.	Тема 9. Взаимодействие ДНК с комплексами металлов, обладающими противоопухолевой активностью.	4	9	2	0	0	тестирование
10.	Тема 10. Комплексы металлов с порфиринами и порфириноподобными веществами.	5	10	2	0	0	домашнее задание
11.	Тема 11. Цитохромы.	5	11	2	0	0	устный опрос
12.	Тема 12. Витамин В12 (цианокобаламин).	5	12	2	0	0	устный опрос
13.	Тема 13. Хлорофиллы ? пигменты живых организмов, фоторецепторы начальных стадий превращения световой энергии в процессе фотосинтеза.	5	13	2	0	0	устный опрос
14.	Тема 14. Взаимодействие металлов с другими простетическими группами.	5	14	2	0	0	устный опрос
15.	Тема 15. Транспорт железа(Ш) к клеткам (ретикулоцитам), в которых происходит образование гемоглобина.	5	15	2	0	0	устный опрос
16.	Тема 16. Медь. Медьсодержащие оксидазы. Гемоцианин.	5	16	2	0	0	устный опрос
17.	Тема 17. Биологически активные щелочные металлы и их функции в организме.	5	17	2	0	0	устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
18.	Тема 18. Контрольная работа.	5	18	2	0	0	контрольная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	5		0	0	0	зачет
	Итого			36	0	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Основные понятия бионеорганической химии.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

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 положении в периодической системе Д.И.Менделеева.

### Тема 2. Основные аспекты координационной химии применительно к бионеорганическим системам.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

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.

### Тема 3. Важнейшие биохимические молекулы как лиганды.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Важнейшие биохимические молекулы как лиганды. Аминокислоты. Их классификация. Заменяемые и незаменимые аминокислоты. Производные аминокислот. Полипептиды. Белки. Ферменты. Гормоны. Белки крови. Нуклеиновые кислоты и нуклеопротеиды. Углеводы, липиды и карбоновые кислоты. Вода и неорганические анионы.

### Тема 4. Металлоферменты.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

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.

### Тема 5. Характер действия ионов металлов и лигандов на каталитическую активность ферментов.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Характер действия ионов металлов и лигандов на каталитическую активность ферментов. Типы взаимодействия фермента с ионом металла и лигандом (субстратом). 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. Ингибирующее действие некоторых металлов. Каталитическая активность и свойства иммобилизованных ферментов в присутствии ионов металлов. Активирующее влияние катионов металлов. Двойственный характер действия ионов металлов в зависимости от их концентрации.

## **Тема 6. Нуклеотиды и нуклеиновые кислоты.**

### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Нуклеотиды и нуклеиновые кислоты. Состав моонуклеотида. Пуриновые и пиримидиновые основания. Пентозы (дезоксирибоза). Нуклеозиды. Биологическая роль нуклеотитов: строительные блоки нуклеиновых кислот, обмен, аккумуляция и перенос энергии, простетические группы окислительно-восстановительных ферментов, катализаторы различных реакций обмена веществ. Правила Чаргаффа.

## **Тема 7. Функции ДНК в организме и ее взаимодействие с низкомолекулярными эффекторами.**

### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

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.

## **Тема 8. Ионы металлов и репликация ДНК.**

### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Ионы металлов и репликация ДНК. Схема передачи структурной информации. Ионы металлов и транскрипция. Роль фермента РНК-полимеразы в процессе копирования кода ДНК. Активаторы РНК-полимеразы. Уровни повреждений нативной и денатурированной ДНК в присутствии ионов металлов. Потенциально генотоксичные металлы. Ионы металлов и трансляция. Конечная стадия в интерпретации кода ДНК для синтеза белка. Значение ионов металлов для процесса трансляции.

## **Тема 9. Взаимодействие ДНК с комплексами металлов, обладающими противоопухолевой активностью.**

### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

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.

## **Тема 10. Комплексы металлов с порфиринами и порфириноподобными веществами.**

### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

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).

## **Тема 11. Цитохромы.**

### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Цитохромы. Отщепление от пищевых веществ водорода. Процесс клеточного окисления. Образование молекул воды. Типы цитохромов. Структура цитохрома. Особенности химического связывания простетической части с белком. Цитохром оксидаза. Цитохромы а и а<sub>3</sub>. Гем А. Внутренняя симметрия молекулы цитохромоксидазы.

## **Тема 12. Витамин В12 (цианокобаламин).**

### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Витамин В12 (цианокобаламин). Структура молекулы. Ее отличие от структуры гема в гемоглобине. Экваториальные и аксиальные лиганды. Производные витамина В12. Метилкобаламин ? метаболически активное соединение. Содержание в организмах кофермента витамина В12. Лигандное окружение кобальта в природном кофермента. Ферментативные реакции с участием кофермента В12. Восстановление рибонуклеотидов в дезоксирибонуклеотиды. Образование эритроцитов. Процессы трансметилирования.. Степень окисления кобальта в метилкобаламине.

### **Тема 13. Хлорофиллы ? пигменты живых организмов, фоторецепторы начальных стадий превращения световой энергии в процессе фотосинтеза.**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Хлорофиллы ? пигменты живых организмов, фоторецепторы начальных стадий превращения световой энергии в процессе фотосинтеза. Типы хлорофиллов, Хлорофилл а. Отличие хлорофилла от гема. Структура хлорофилла. Ароматический характер макроциклической системы. Условия замещения атома иона магния в хлорофилле ионами 3d-металлов. Образование димеров и олигомеров в неполярных растворителях за счет взаимодействия C = O ? Mg. Конкуренция нуклеофилов за координационное место. Образование донорно-акцепторных комплексов за счет самоконденсации, а также за счет взаимодействия с внешними лигандами (донорами).

### **Тема 14. Взаимодействие металлов с другими простетическими группами.**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Взаимодействие металлов с другими простетическими группами. 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. Железосодержащие кластеры фотосинтезирующих бактерий. Резервы железа в организме. Сидерофоры - полиидентатные лиганды с высоким сродством к ионам железа (Ш). Захват железа из внешней среды. Спиновое состояние железа(Ш) в комплексах с сидерофорами и их пространственное строение. Ферритин ? нетоксичная форма железа(Ш) в организме. Состав ядер ферритина, находящихся в полипептидных цепях.

### **Тема 15. Транспорт железа(Ш) к клеткам (ретикулоцитам), в которых происходит образование гемоглобина.**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Транспорт железа(Ш) к клеткам (ретикулоцитам), в которых происходит образование гемоглобина. Трансферрины. Источники трансферринов (лактоферрины, кональбумин и сывороточный трансферрин). Координационное окружение железа(Ш) в трансферрине. Специфичность трансферриновых частиц по отношению к ретикулоцитам. Транспорт кислорода в организмах беспозвоночных. Гемэритрин. Строение молекулы. Отличие от гемоглобина.

### **Тема 16. Медь. Медьсодержащие оксидазы. Гемоцианин.**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Медь. Медьсодержащие оксидазы. Гемоцианин. Строение координационного узла гемоцианина. Строение пластоцианина. Биохимические функции молибдена. Окислительно-восстановительные молибденсодержащие ферменты. Молибден-ксантиноксидаза. 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.

### **Тема 17. Биологически активные щелочные металлы и их функции в организме.**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Биологически активные щелочные металлы и их функции в организме. Ионный (натриевый насос). Ионофоры ? комплексообразователи щелочных металлов. Ионные ионофоры.

### **Тема 18. Контрольная работа.**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Контрольная работа.

## 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Основные понятия бионеорганической химии.	4	1	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
2.	Тема 2. Основные аспекты координационной химии применительно к бионеорганическим системам.	4	2	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
3.	Тема 3. Важнейшие биохимические молекулы как лиганды.	4	3	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
4.	Тема 4. Металлоферменты.	4	4	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
5.	Тема 5. Характер действия ионов металлов и лигандов на каталитическую активность ферментов.	4	5	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
6.	Тема 6. Нуклеотиды и нуклеиновые кислоты.	4	6	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
7.	Тема 7. Функции ДНК в организме и ее взаимодействие с низкомолекулярными эффекторами.	4	7	подготовка к творческому экзамену	2	творческое задание
8.	Тема 8. Ионы металлов и репликация ДНК.	4	8	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
9.	Тема 9. Взаимодействие ДНК с комплексами металлов, обладающими противоопухолевой активностью.	4	9	подготовка к тестированию	2	тестирование
10.	Тема 10. Комплексы металлов с порфиринами и порфириноподобными веществами.	5	10	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
11.	Тема 11. Цитохромы.	5	11	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
12.	Тема 12. Витамин В12 (цианокобаламин).	5	12	подготовка к устному опросу	2	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
13.	Тема 13. Хлорофиллы ? пигменты живых организмов, фоторецепторы начальных стадий превращения световой энергии в процессе фотосинтеза.	5	13	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
14.	Тема 14. Взаимодействие металлов с другими простетическими группами.	5	14	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
15.	Тема 15. Транспорт железа(Ш) к клеткам (ретикулоцитам), в которых происходит образование гемоглобина.	5	15	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
16.	Тема 16. Медь. Медьсодержащие оксидазы. Гемоцианин.	5	16	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
17.	Тема 17. Биологически активные щелочные металлы и их функции в организме.	5	17	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
18.	Тема 18. Контрольная работа.	5	18	подготовка к контрольной точке	2	контрольная точка
	Итого				36	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

компьютерные презентации лекций;

-контрольная работа 1;

-контрольная работа 2;

- коллоквиум по теме "Бионеорганическая химия и проблемы охраны окружающей среды".

### 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

#### Тема 1. Основные понятия бионеорганической химии.

домашнее задание , примерные вопросы:

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.

## **Тема 2. Основные аспекты координационной химии применительно к бионеорганическим системам.**

устный опрос , примерные вопросы:

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.

## **Тема 3. Важнейшие биохимические молекулы как лиганды.**

устный опрос , примерные вопросы:

Металлоферменты. Общие сведения.Metalлоферментные 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.

## **Тема 4. Металлоферменты.**

устный опрос , примерные вопросы:

Металлоферменты. Общие сведения. Metalлоферментные 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.

## **Тема 5. Характер действия ионов металлов и лигандов на каталитическую активность ферментов.**

устный опрос , примерные вопросы:

Характер действия ионов металлов и лигандов на каталитическую активность ферментов. Типы взаимодействия фермента с ионом металла и лигандом (субстратом). 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. Ингибирующее действие некоторых металлов. Каталитическая активность и свойства иммобилизованных ферментов в присутствии ионов металлов. Активирующее влияние катионов металлов. Двойственный характер действия ионов металлов

## **Тема 6. Нуклеотиды и нуклеиновые кислоты.**

устный опрос , примерные вопросы:

Нуклеотиды и нуклеиновые кислоты. Состав моонуклеотида. Пуриновые и пиримидиновые основания. Пентозы (рибоза, дезоксирибоза). Нуклеозиды. Биологическая роль нуклеотитов: строительные блоки нуклеиновых кислот, обмен, аккумуляция и перенос энергии, простетические группы окислительно-восстановительных ферментов, катализаторы различных реакций обмена веществ. Правила Чаргаффа.

## **Тема 7. Функции ДНК в организме и ее взаимодействие с низкомолекулярными эффекторами.**

творческое задание , примерные вопросы:

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.

## **Тема 8. Ионы металлов и репликация ДНК.**

устный опрос , примерные вопросы:

Ионы металлов и репликация ДНК. Схема передачи структурной информации. Ионы металлов и транскрипция. Роль фермента РНК-полимеразы в процессе копирования кода ДНК. Активаторы РНК-полимеразы. Уровни повреждений нативной и денатурированной ДНК в присутствии ионов металлов. Потенциально генотоксичные металлы. Ионы металлов и трансляция. Конечная стадия в интерпретации кода ДНК для синтеза белка. Значение ионов металлов для процесса трансляции.

## **Тема 9. Взаимодействие ДНК с комплексами металлов, обладающими противоопухолевой активностью.**

тестирование , примерные вопросы:

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.

## **Тема 10. Комплексы металлов с порфиринами и порфириноподобными веществами.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Комплексы металлов с порфиринами и порфириноподобными веществами. Структура порфиринов. Гемоглобин и миоглобин. Транспорт кислорода гемоглобином эритроцитов. Удерживание 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).

## **Тема 11. Цитохромы.**

устный опрос , примерные вопросы:

Цитохромы. Отщепление от пищевых веществ водорода. Процесс клеточного окисления. Образование молекул воды. Типы цитохромов. Структура цитохрома с. Особенности химического связывания простетической части с белком. Цитохром оксидаза. Цитохромы а и а<sub>3</sub>. Гем А. Внутренняя симметрия молекулы цитохромоксидазы.

## **Тема 12. Витамин В12 (цианокобаламин).**

устный опрос , примерные вопросы:

Витамин В12 (цианокобаламин). Структура молекулы. Ее отличие от структуры гема в гемоглобине. Экваториальные и аксиальные лиганды. Производные витамина В12. Метилкобаламин ? метаболически активное соединение. Содержание в организмах кофермента витамина В12. Лигандное окружение кобальта в природном кофермента. Ферментативные реакции с участием кофермента В12. Восстановление рибонуклеотидов в дезоксирибонуклеотиды. Образование эритроцитов. Процессы трансметилирования.. Степень окисления кобальта в метилкобаламине.

## **Тема 13. Хлорофиллы ? пигменты живых организмов, фоторецепторы начальных стадий превращения световой энергии в процессе фотосинтеза.**

устный опрос , примерные вопросы:

Хлорофиллы ? пигменты живых организмов, фоторецепторы начальных стадий превращения световой энергии в процессе фотосинтеза. Типы хлорофиллов, Хлорофилл а. Отличие хлорофилла от гема. Структура хлорофилла. Ароматический характер макроциклической системы. Условия замещения атома иона магния в хлорофилле ионами 3d-металлов. Образование димеров и олигомеров в неполярных растворителях за счет взаимодействия С = О ? Mg. Конкуренция нуклеофилов за координационное место. Образование донорно-акцепторных комплексов за счет самоконденсации, а также за счет взаимодействия с внешними лигандами (донорами).

#### **Тема 14. Взаимодействие металлов с другими простетическими группами.**

устный опрос , примерные вопросы:

Взаимодействие металлов с другими простетическими группами. 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. Железосодержащие кластеры фотосинтезирующих бактерий. Резервы железа в организме. Сидерофоры - полиидентатные лиганды с высоким сродством к ионам железа (Ш). Захват железа из внешней среды. Спиновое состояние железа(Ш) в комплексах с сидерофорами и их пространственное строение. Ферритин ? нетоксичная форма железа(Ш) в организме. Состав ядер ферритина, находящихся в полипептидных цепях.

#### **Тема 15. Транспорт железа(Ш) к клеткам (ретикулоцитам), в которых происходит образование гемоглобина.**

устный опрос , примерные вопросы:

Транспорт железа(Ш) к клеткам (ретикулоцитам), в которых происходит образование гемоглобина. Трансферрины. Источники трансферринов (лактоферрины, кональбумин и сывороточный трансферрин). Координационное окружение железа(Ш) в трансферрине. Специфичность трансферриновых частиц по отношению к ретикулоцитам. Транспорт кислорода в организмах беспозвоночных. Гемэритрин. Строение молекулы. Отличие от гемоглобина.

#### **Тема 16. Медь. Медьсодержащие оксидазы. Гемоцианин.**

устный опрос , примерные вопросы:

Медь. Медьсодержащие оксидазы. Гемоцианин. Строение координационного узла гемоцианина. Строение пластоцианина. Биохимические функции молибдена. Окислительно-восстановительные молибденсодержащие ферменты. Молибден-ксантиноксидаза. 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.

#### **Тема 17. Биологически активные щелочные металлы и их функции в организме.**

устный опрос , примерные вопросы:

Биологически активные щелочные металлы и их функции в организме. Ионный (натриевый насос). Ионофоры ? комплексообразователи щелочных

#### **Тема 18. Контрольная работа.**

контрольная точка , примерные вопросы:

Контрольная работа

#### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Примеры билетов к контрольной работе 1

Билет 1.

1. В чем отличие денатурации белков и ДНК?
2. Какие вы знаете цинксодержащие ферменты?
3. Какие два типа комплексов Михаэлиса выделяются в ферментативных процессах с участием марганца.

Билет 2.

1. В чем отличие истинных металлоферментов от металлоферментных комплексов?
2. Функции марганца в организме.
3. В чем отличие строения молекул витамина B12 и B12.

Билет 3

1. Функции в организме метилкобаламина.
2. Что такое дыхательные ферменты? Приведите примеры.

3. Как происходит транспорт железа в организме?

Билет 4

1. Перечислите возможные варианты участия металлов в ферментативных реакциях.
2. Каковы возможные центры связывания металла с нуклеиновой кислотой?
3. Каков механизм действия креатинкиназы и пируваткиназы?

Примеры билетов к контрольной работе 2

Билет 1.

1. Что определяет форму полипептидной цепи?
2. В чем отличия ионных и нейтральных ионофоров?
3. Вторичная структура белков.

Билет 2.

1. Третичная структура белков.
2. За счет чего возможен в организме перенос ионов через мембраны против градиента концентрации.
3. Как происходит комплексообразование ионов магния с АТФ?

Билет 3

1. Структура аминокислот.
2. Четвертичная структура белков.
3. Функция натрия в организме.

Билет 4

1. Реакция конденсации аминокислот. Приведите примеры.
2. Что является источником энергии в ионном (натриевом) насосе?
3. Какие вы знаете синтетические ионофоры?

Контрольные вопросы к коллоквиуму

1. Что такое жизненно необходимые (эссенциальные) металлы.
2. Перечислите функции кальция в организме и механизм его обмена.
3. Доза - ответная кривая для примесных металлов.
4. Пороговые концентрации химических элементов для сельскохозяйственных растений
5. Формы, в которых азот поглощается растениями
6. Функции азота в растениях.
7. Функции фосфора в растениях.
8. Признаки недостаточности калия в растениях
9. Доза - ответная кривая для токсичных металлов.
10. Какие металлы влияют на морфологические формы растений?
11. Какие химические элементы участвуют в фотосинтезе?
12. Какие химические элементы участвуют в углеводородном обмене и образовании органических кислот?
13. Взаимодействие аминокислот с металлами.
14. Взаимодействие белков с металлами.
15. Назовите функции магния в организме и признаки нарушения магниевого обмена

Контрольные вопросы для самостоятельной работы студентов

1. Гидролитические реакции, катализируемые металлоферментами.
2. Марганец как активатор ферментов - трансфераз.
3. Основные признаки живой материи. Второй закон термодинамики для биологических систем.
4. Варианты участия металла в ферментативных реакциях.
5. Феррифоры: функции и строение.

6. Миоглобин: строение и функции в организме.
7. Окислительно-восстановительные реакции, катализируемые металлоферментами.
8. Модели процесса мягкой фиксации азота.
9. Классификация металлов по их роли в организме.
10. Классификация биогенных минералов.
11. Марганец. Свойства и функции в организме.
12. Пептиды: строение, взаимодействие с металлами.
13. Кобальт, функции в организме.
14. Реакции, катализируемые металлоферментами.
15. Моделирование в бионеорганической химии.
16. Мягкая фиксация азота с участием нитрогеназы.
17. Прикладные аспекты бионеорганической химии.
18. Функции кальция и магния в организме.
19. Вторичная структура нуклеиновых кислот, правила Чаргаффа.
20. Типы миграции химических элементов.
21. Металлоферменты, классификация. Многоцентровые ферменты.
22. Гемоглобин, строение и функции в организме.
23. Понятие "кластер" в бионеорганической химии, типы связей, геометрия кластера. Концепция ЖМКО.
24. Дыхательные гемсодержащие ферменты, их функции.
25. Аминокислоты как природные лиганды, классификация и свойства.
26. Роль воды в организме и ее обмен.
27. Белки, структура и взаимодействие с металлами.
28. Транспорт железа в организме: негеминные железопротеиды.
29. Ферменты, строение и свойства.
30. Взаимодействие металлов с нуклеиновыми кислотами.
31. Нуклеиновые кислоты, строение и свойства.
32. Роль минеральных веществ в организме и их обмен.
33. Натрий, калий, свойства и функции в организме.
34. Комплексы металлов как противоопухолевые препараты.
35. Ионный насос.
36. Оксигемоглобин, строение и функции в организме.
37. Ионофоры, свойства и классификация. Нейтральные ионофоры.
38. Комплексообразование магния с АТФ и его роль в организме.
39. Карбоксилатные ионофоры. Транспорт ионов с помощью нейтральных ионофоров.
40. Функции геминных соединений железа в организме.

Примеры билетов для зачета

Билет 1

1. Белки, структура и взаимодействие с металлами.
2. Транспорт железа в организме: негеминные железопротеиды.

Билет 2

1. Ионофоры, свойства и классификация. Нейтральные ионофоры.
2. Комплексообразования магния с АТФ и его роль в организме.

Билет 3

1. Окислительно-восстановительные реакции, катализируемые металлоферментами.
2. Марганец как активатор ферментов - трансфераз.

Билет 4

1. Пептиды: строение, взаимодействие с металлами.
2. Кобальт, функции в организме.

### **7.1. Основная литература:**

1. Металлы в живых организмах: Учебное пособие / Н.А.Улахович, Э.П.Медянцева, С.С.Бабкина, М.П.Кутырева, А.Р.Гатаулина. - Казань: Казанский университет, 2012. - 103 с.
2. Улахович Н.А., Медянцева Э.П., Бабкина С.С., Кутырева М.П., Гатаулина А.Р. Металлы в живых организмах. [Электронный ресурс]. - 2012. (Учебное пособие для лекционного курса "Основы бионеорганической химии") Режим доступа: [http://kpfu.ru/publication?p\\_id=36267](http://kpfu.ru/publication?p_id=36267)
3. Киселев Ю.М. Химия координационных соединений: Учеб. пособие для студ. высш. проф. учеб. заведений / Ю.М.Киселев, Н.А.Добрынина, - М.: Издательский центр "Академия", 2007. - 352 с.
4. Третьяков Ю.Д. Неорганическая химия. Химия элементов: учебник в 2 томах. Т.1 / Ю.Д.Третьяков, Л.И.Мартыненко, А.Н.Григорьев, А.Ю.Цивадзе. - М.: Изд-во МГУ; ИКЦ "Академкнига", 2007. - 537 с.

### **7.2. Дополнительная литература:**

1. Неорганическая химия : химия элементов : учебник для студентов высших учебных заведений по направлению 510500 "Химия" и специальности 011000 "Химия" : [в 2 томах] / Ю.Д. Третьяков, Л.И. Мартыненко, А.Н. Григорьев, А.Ю. Цивадзе ; МГУ им. М.В. Ломоносова . - 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Изд-во Моск. ун-та : Академкнига, 2007. Т.1 - 538 с.
2. Неорганическая химия : химия элементов : учебник для студентов высших учебных заведений по направлению 510500 "Химия" и специальности 011000 "Химия" : [в 2 томах] / Ю.Д. Третьяков, Л.И. Мартыненко, А.Н. Григорьев, А.Ю. Цивадзе ; МГУ им. М.В. Ломоносова . - 2-е изд., перераб. и доп. ? Москва : Изд-во Моск. ун-та : Академкнига, 2007. Т.1 - 670 с.
3. Биохимия : Учеб. для студентов / В.П. Комов, В.Н. Шведова .-М. : Дрофа, 2004 .- 639с.

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

1. А.В. Скальный, И.А. Рудаков Биоэлементы в медицине. - <http://chemistry-chemists.com/forum/viewtopic.php?f=15&t=35&p=11328#p11328>
2. Бионеорганическая химия - [www.chem.msu.su/rus/teaching/dobrinina/all.pdf](http://www.chem.msu.su/rus/teaching/dobrinina/all.pdf)
3. Основные направления исследований биokoординационных соединений в Бионеорганической химии - [www.bsu.by/Cache/pdf/363423.pdf](http://www.bsu.by/Cache/pdf/363423.pdf).
4. Бионеорганическая химия. Фонд знаний ?Ломоносов? - [www.lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:01342:article](http://www.lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:01342:article)
5. Взаимодействие металлов с биомолекулами - <http://biomolecula.ru/>
6. База данных. Химический каталог. Металлоферменты - [www.ximicat.com/ebook.php?file=bender\\_bio.djv&page=56](http://www.ximicat.com/ebook.php?file=bender_bio.djv&page=56)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Основы бионеорганической химии" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный проектор

Система интерактивного опроса.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 020100.62 "Химия" и профилю подготовки Органическая химия .

Автор(ы):

Улахович Н.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Медянцева Э.П. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.