



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ФГБОУ ВО «ИГУ»  
**Кафедра общей и неорганической химии**



УТВЕРЖДАЮ  
Декан химического факультета, доц.  
А.И. Вильмс  
«20» мая 2020 г.

**Рабочая программа дисциплины Б1.В.09**

Наименование дисциплины **БИОНЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

Направление подготовки **04.03.01 - Химия**

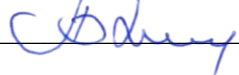
Направленность подготовки: **Теоретическая и прикладная химия**

Квалификация выпускника – **БАКАЛАВР**

Форма обучения **очная**

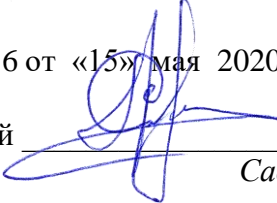
Согласовано с УМК химического  
факультета

Протокол № 6 от «20» мая 2020 г.

Председатель  \_\_\_\_\_  
Вильмс А.И.

Рекомендовано кафедрой общей и  
неорганической химии:

Протокол № 6 от «15» мая 2020 г.

Зав. кафедрой  \_\_\_\_\_  
Сафронов А.Ю.

Иркутск 2020 г.

## Содержание

	стр.
1. Цели и задачи дисциплины	3
2. Место дисциплины в структуре ОПОП.	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины	4
4. Содержание и структура дисциплины	5
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам	5
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	7
4.3 Содержание учебного материала	8
4.3.1 Перечень семинарских занятий и лабораторных работ	10
4.3.2 Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение (самостоятельная работа студентов)	10
4.4 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	11
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:	11
а) основная литература;	11
б) дополнительная литература;	12
в) список авторских методических разработок;	12
г) базы данных, поисково-справочные и информационные системы	12
6. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)	13
7. Образовательные технологии	13
8. Оценочные средства (ОС)	14

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ:

**Цель:** овладение студентами теоретическими основами базовых разделов общей, неорганической, координационной и биохимии, основными методами и приемами работы в лабораториях бионеорганической химии.

### **Задачи:**

- a) освоить основные закономерности протекания различных типов химических и биохимических реакций с участием катионов «металлов жизни»;
- b) дать представление об основных свойствах и методах исследования бионеорганических соединений;
- c) научить использовать базис законов и понятий общей, неорганической, координационной и биохимии для усвоения и интерпретации углубленных знаний по специфическим разделам химии на стыке наук, для совершенствования биохимических знаний на химической основе;
- d) показать роль бионеорганической химии в системе химических наук и в профессиональной деятельности.

## II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО:

2.1 Дисциплина «Бионеорганическая химия» относится к дисциплинам блока 1, формируемым участниками образовательных отношений (Б1.В.09).

2.2 Современная бионеорганическая химия базируется на основных положениях общей химии, координационной и неорганической химии, а также дисциплины «Биоорганическая химия», усвоенных студентами в процессе изучения этих предметов ранее, и является самым сложным симбиозом неорганических и биохимических знаний.

2.2 Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

«Химическая технология» (Б1.О.27),

«Химические основы биологических систем» (Б1.В.12),

«Химия элементоорганических соединений» (Б1.В.ДВ.04.01),

а также для выполнения квалификационных работ и формирования профессиональных компетенций.

### III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций (элементов следующих компетенций) в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки 04.03.01 «Химия», профиль: теоретическая и прикладная химия.

#### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
<p><i>ОПК-6</i></p> <p>Способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе</p>	<p><i>ИДК<sub>ОПК6.4</sub></i></p> <p>Готовит презентацию по заданной преподавателем теме и представляет ее на русском (и английском) языке</p>	<p><b>Владеть:</b> современным медийным и компьютерным оборудованием, способами поиска авторитетных литературных научных источников и новейшей научной информации в сети Интернет, навыками изложения научных данных в виде доклада с использованием презентации</p>
<p><i>ПК-1</i></p> <p>Способен проводить сбор, анализ и обработку информации, необходимой для решения задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации</p>	<p><i>ИДК<sub>ПК1.2</sub></i></p> <p>Проводит первичный поиск, анализ и обработку литературных данных по заданной тематике</p>	
<p><i>ПК-6</i></p> <p>Способен применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов</p>	<p><i>ИДК<sub>ПК6.1</sub></i></p> <p>Знает теоретические основы базовых химических дисциплин (неорганической, органической, аналитической, физической химии) и способы их использования при решении конкретных химических задач</p>	<p><b>Знать:</b> основы бионеорганической химии как продукта симбиоза современных неорганической и координационной химии, биохимии и энзимологии.</p> <p><b>Уметь:</b> самостоятельно применять на практике приобретенные знания для решения современных химических и общечеловеческих задач, включая экологические проблемы, вопросы здоровья и медицинской профилактики.</p>

#### IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

Форма промежуточной аттестации: *зачёт*

##### 4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа		
			Лекции	Лабораторные и практические занятия	КСР + консультации			
1	ВВЕДЕНИЕ	7	2	-	-	-	-	
2	"МЕТАЛЛЫ ЖИЗНИ"	7	10	-	-	-	-	
3	ЛИГАНДЫ	7	12	-	-	-	-	
4	КООРДИНАЦИОННАЯ ХИМИЯ МЕТАЛЛОВ ЖИЗНИ В МОДЕЛЬНЫХ И БИОСИСТЕМАХ	7	12	-	1	-	-	
5	МЕТАЛЛОПРОТЕИНЫ В НАКОПЛЕНИИ И ТРАНСПОРТЕ	7	-	4	1	3	Анализ и оценка докладов на научной сессии с элементами научной школы-конференции	
6	МЕТАЛЛОФЕРМЕНТЫ	7	-	4	-	3	Анализ и оценка докладов на научной	

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная	Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа преподавателя с обучающимися					
							сессии с элементами научной школы-конференции	
7	ФОСФАТНЫЙ ПЕРЕНОС	7	-	2	1	3	Анализ и оценка докладов на научной сессии с элементами научной школы-конференции	
8	ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ КОМПЛЕКСОВ МЕТАЛЛОВ ЖИЗНИ	7	-	2	-	3	Анализ и оценка докладов на научной сессии с элементами научной школы-конференции	
9	НЕКОТОРЫЕ ПОРФИРИНОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ	7	-	6	-	3	Анализ и оценка докладов на научной сессии с элементами научной школы-конференции	
10	Зачёт							
<b>Итого часов</b>				<b>36</b>	<b>18</b>	<b>3</b>	<b>15</b>	Зачет

#### 4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Затраты времени (час.)		
7	МЕТАЛЛОПРОТЕИНЫ В НАКОПЛЕНИИ И ТРАНСПОРТЕ	Подготовка доклада по выбранной теме научной сессии с элементами научной школы-конференции	Ноябрь-декабрь	3	Доклад на научной сессии-школе	1. Все доступные Интернет-ресурсы. 2. А. Ю. Сафронов. Компьютерные модели бионеорганических молекул.- Учебное пособие. – <a href="http://www.chem.isu.ru">http://www.chem.isu.ru</a> . 3. Неорганическая биохимия (под ред. Г. Эйхгорна) – М.: Мир, 1978, тт. 1 и 2. 4. Методы и достижения бионеорганической химии (под ред. К. МакОлиффа) - М.: Мир, 1978. 5. Оригинальные научные статьи по теме доклада (Интернет).
7	МЕТАЛЛОФЕРМЕНТЫ	Подготовка доклада по выбранной теме научной сессии с элементами научной школы-конференции	Ноябрь-декабрь	3	Доклад на научной сессии-школе	
7	ФОСФАТНЫЙ ПЕРЕНОС	Подготовка доклада по выбранной теме научной сессии с элементами научной школы-конференции	Ноябрь-декабрь	3	Доклад на научной сессии-школе	
7	ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ КОМПЛЕКСОВ МЕТАЛЛОВ ЖИЗНИ	Подготовка доклада по выбранной теме научной сессии с элементами научной школы-конференции	Ноябрь-декабрь	3	Доклад на научной сессии-школе	
7	НЕКОТОРЫЕ ПОРФИРИНОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ	Подготовка доклада по выбранной теме научной сессии с элементами научной школы-конференции	Ноябрь-декабрь	3	Доклад на научной сессии-школе	
Общая трудоемкость самостоятельной работы по дисциплине (час)				<b>15</b>		
<b>Бюджет времени самостоятельной работы, предусмотренный учебным планом для данной дисциплины (час)</b>				<b>15</b>		

## 4.3 Содержание учебного материала

### Содержание разделов и тем дисциплины

#### ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

##### 1. ВВЕДЕНИЕ

Возникновение бионеорганической химии как самостоятельной науки. Предмет, главные объекты и задачи бионеорганической химии.

##### 2. "МЕТАЛЛЫ ЖИЗНИ"

Необходимые химические элементы. Десять необходимых металлов, их положение в Периодической системе. Металлы *in vitro*.

Na и K: комплексы с водой, источники попадания в организм, места дислокации *in vivo*, натриево-калиевый насос; Mg и Ca: особенности электронной структуры, потребности в Mg и Ca человеческого организма, функции этих металлов в организме; Mn: особенности электронного строения и биохимия Mn(II) и Mn(III) и их комплексов; Fe: Fe(II) и Fe(III) в биосистемах, их функции, сбалансированность и регуляция содержания железа в организмах; Co: комплексы Co(II) и Co(III) *in vitro* и *in vivo*; Cu: электронное строение и свойства комплексов Cu(I) и Cu(II), Cu в низших и высших организмах; Zn: координационные свойства и функции в организме человека; Mo: степени окисления и биофункции.

Вода как биохимический растворитель. Структура и свойства крепких физиологических водных растворов.

##### 3. ЛИГАНДЫ

Аминокислоты. Номенклатура, структура. Классификации протеиногенных аминокислот: кислые, основные и нейтральные; алифатические, ароматические и гетероциклические; серосодержащие; полярные и неполярные; заменимые и незаменимые. Физико-химические свойства аминокислот: растворимость, изоэлектрические точки, кислотно-основные свойства. Получение и применение аминокислот.

Пептиды. Особенности строения и номенклатуры. Гомомерные и гетеромерные, гомодетные и гетеродетные пептиды. Пептиды в природе. Сложности химического синтеза пептидов, блокирование функциональных групп, стратегия и тактика синтеза. Пептиды и металлы.

Белки. Функции белков в организме. Методы изучения структуры белков. Классификации белков. Глобулярные и фибриллярные белки. Протеиды: простетические группы или кофакторы. Способы выделения и очистки и физико-химические свойства белков: амфолитность, растворимость, денатурация физическая и химическая. Принципы структурной организации белковых молекул: первичная, вторичная, третичная и четвертичная структуры. Ферменты: способы иммобилизации, основы ферментативного катализа, коферменты, проферменты, апоферменты, антиферменты, субстраты. Гормоны. Нуклепротеиды. Белки крови.

Другие лиганды: нуклеиновые кислоты и нуклеотиды (фосфатные группы как лиганды), углеводы, карбоновые кислоты (COO-лиганды), липиды (триглицериды, фосфатиды, стероиды), простые анионы (анионы  $H_2CO_3$ ,  $H_3PO_4$ ,  $H_2SO_4$ , HF, HCl, HBr и HI), химиотерапевтические агенты.

##### 4. КООРДИНАЦИОННАЯ ХИМИЯ МЕТАЛЛОВ ЖИЗНИ В МОДЕЛЬНЫХ И БИОСИСТЕМАХ

Координационные числа (к.ч.) и стереохимия. К.ч. 2 (2 конфигурации), к.ч. 3 (3 конфигурации), к.ч. 4 (примеры плоскочетырехугольной конфигурации из биохимических систем), к.ч. 5 (2 конфигурации), к.ч. 6 (2 конфигурации), к.ч. 7 (3 конфигурации), к.ч. 8 (2



основных конфигурации), к.ч. 9 (характерная конфигурация), к.ч.>9. Влияние металла и лиганда на к.ч. и стереохимию.

Концепция ЖМКО. Обращение  $K_{уст.}$  галогенидных комплексов. Классификационные признаки жестких и мягких катионов металлов и лигандов. Количественные параметры мягкости - кислотная (основная) сила и константа мягкости - и их оценка. Связь  $S$  и  $s$  с термодинамическими параметрами. Ряд мягкости-жесткости для ионов металлов. Области использования концепции ЖМКО. Симбиоз лигандов и симбиотическая стабилизация степеней окисления катионов металлов. Яды и благородные металлы с позиций ЖМКО. Взаимная избирательность металлов и лигандов, конкурирующие (связывающие) лиганды.

Теория поля лигандов. ТПЛ как развитие теории кристаллического поля и ММО. Расщепление в октаэдрическом поле и возможные электронные переходы. Расщепление в поле лигандов и параметры Рака. Тетраэдрическое расщепление. Переходы лиганд  $\rightarrow Fe^{3+}$  и  $Fe^{2+} \rightarrow$  лиганд. ТПЛ как инструмент для расшифровки структур сложных комплексов.

Комплексы металлов с аминокислотами и пептидами. Основные электронодонорные группы аминокислот: концевые аминогруппы, карбоксильные группы (5 типов взаимодействия с металлом). Пептидные группы как лиганды. Боковые цепи аминокислот: имидазольное кольцо гистидина, тиоловые и тиоэфирные группы серосодержащих аминокислот, S-S-мостики цистина.

Комплексы металлов с белками. Методика модельного изучения координации металлов с белками и ее ограничения. Неспецифические взаимодействия металлов с белками: комплексы цинка с сывороточным альбумином и инсулином, меди с окситоцином и вазопрессином, меди и цинка с метмиоглобином и рибонуклеазой.

## ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 5. МЕТАЛЛОПРОТЕИНЫ В НАКОПЛЕНИИ И ТРАНСПОРТЕ

Ферритин - накопитель железа. Место и роль в растительном и животном мире. Строение и свойства: апоферритин и "мицеллы", структура кристаллитов. Механизм действия в организме.

Трансферрины - перевозчики железа. Классификация: сывороточный трансферрин, кональбумин, лактоферрины. Общая характеристика трансферринов. Строение металлсвязывающих центров. Механизм связывания, роль  $CO_2$ . Биологические функции трансферринов. 4 стадии взаимодействия трансферринов и ретикулоцитов.

Церулоплазмин и биологические функции меди. Строение церулоплазмينا, его ферментативная активность, роль меди, железа и кислорода в каталитическом окислении полиаминов и полифенолов.

Гемэритрин - аналог гемоглобина без гема. 3 формы существования гемэритрина. Строение металлсвязывающего центра. Активный центр метгемэритрина, оксомостиковые структуры. Оксигемэритрин: несимметричность связывания  $O_2$  (4 варианта). Механизм действия гемэритрина.

Гемоцианин - белок голубой крови. Состав активного центра (4 резонансные формы). Старение и "омоложение" гемоцианина.

### 6. МЕТАЛЛОФЕРМЕНТЫ

Три возможные схемы работы металлоферментов. Общие принципы работы дегидрогеназ, декарбоксилаз, изомераз, мутаз и трансфераз, пептидаз. Карбоксипептидаза А: специфичность, строение, структура активного центра, механизм действия, функции цинка, катализ металлом. Карбоангидраза: общий принцип действия, структура активного центра, схемы механизма гидратации  $CO_2$ .

## 7. ФОСФАТНЫЙ ПЕРЕНОС

Две ключевые роли фосфора в биологии. Фосфаты и биоэнергетика. Р-содержащие соединения, подвергающиеся гидролизу в организме. Фосфорилирование и фосфорилиз. 2 пути переноса фосфата. Основная "энергетическая" реакция организма. Строение и функции АТФазы (АТФ-синтетазы). Хемиосмотический механизм, протонный насос. Экспериментальные подтверждения правильности хемиосмотической гипотезы. Роль магния в фосфатном переносе.

## 8. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ КОМПЛЕКСОВ МЕТАЛЛОВ ЖИЗНИ

Молекулярный кислород. Реакции внедрения (полного и неполного), реакции без внедрения (восстановление  $O_2$  до воды и пероксида). Примеры. Синтетические переносчики кислорода.

Фиксация молекулярного азота. Биологическая и абиологическая фиксация. Нитрогеназа: строение, источники энергии, роль ферредоксинов и флаводоксинов. Нитридный и диазеновый-гидразиновый механизмы биологической фиксации азота.

## 8. НЕКОТОРЫЕ ПОРФИРИНОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Железопорфирины - общая характеристика. Гем и гемин. Гемы a, b и c. Структура протопорфирина IX.

Гемоглобин и миоглобин. Проксимальная и дистальная части порфиринового кольца, глобиновая часть и строение белков. 3 функционирующие формы гемо- и миоглобинов. Связь кислорода с активным центром. Эффект транс-влияния.

Цитохромы. Цитохромы c. Роль цистеиновых, гистидиновых остатков и пропионатных групп порфирина в формировании активного центра цитохромов c. Структура активного центра. Механизм редокс превращений цитохрома c, роль цитохрома c1 и цитохромоксидазы. Цитохромы b-типа, цитохромы P-450 и P-420.

Пероксидазы и каталазы. Функции ферментов *in vivo*. Распространенность и изоферментность пероксидаз. Структура активного центра и схема действия пероксидазы хрена. Применение пероксидаз в химических и биологических процессах. Структура и функции каталаз. Механизм действия каталитически активного "зеленого" соединения каталазы на пероксид водорода.

Хлорофилл. Разновидности и особенности структуры. Самоконденсация и гидроконденсация хлорофилла и феофитина. Модель и механизм действия фотоактивного центра хлорофилла.

### 4.3.1 Перечень семинарских занятий и лабораторных работ

Семинарские занятия и лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение (самостоятельная работа студентов)

№ № п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	МЕТАЛЛОПРОТЕИНЫ В НАКОПЛЕНИИ И ТРАНСПОРТЕ	Подготовка доклада по выбранной теме научной сессии с элементами научной школы-конференции	ОПК-6, ПК-1, ПК-6	ОПК-6,4 ПК-1.2 ПК-6.1
2	МЕТАЛЛОФЕРМЕНТЫ	Подготовка доклада по	ОПК-6, ПК-1,	ОПК-6,4

		выбранной теме научной сессии с элементами научной школы-конференции	ПК-6	ПК-1.2 ПК-6.1
3	ФОСФАТНЫЙ ПЕРЕНОС	Подготовка доклада по выбранной теме научной сессии с элементами научной школы-конференции	ОПК-6, ПК-1, ПК-6	ОПК-6,4 ПК-1.2 ПК-6.1
4	ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ КОМПЛЕКСОВ МЕТАЛЛОВ ЖИЗНИ	Подготовка доклада по выбранной теме научной сессии с элементами научной школы-конференции	ОПК-6, ПК-1, ПК-6	ОПК-6,4 ПК-1.2 ПК-6.1
5	НЕКОТОРЫЕ ПОРФИРИНОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ	Подготовка доклада по выбранной теме научной сессии с элементами научной школы-конференции	ОПК-6, ПК-1, ПК-6	ОПК-6,4 ПК-1.2 ПК-6.1

#### 4.4 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов, связанная с подготовкой докладов в практической и зачётной части курса, проводится во внеаудиторное время.

Практическая часть курса предполагает проведение весьма продолжительной по времени научной сессии с элементами научной школы-конференции, докладчиками и оппонентами на которой выступают обучающиеся студенты. Возможное построение этого мероприятия, его предполагаемая структура, а также некоторые материалы, которые могут существенно помочь и даже, в некоторых случаях, облегчить подготовку студентов по целому ряду наиболее трудных из предлагаемых тем этой научной сессии – содержание второй части готовящегося к выходу учебного пособия автора этого курса. При подготовке презентаций для докладов, крайне желательно использовать другое учебное пособие автора, «Компьютерные модели бионеорганических молекул», представленное в списке дополнительной литературы под номером 1. При этом, основным направлением самостоятельной подготовки студентов к докладам является активный поиск в Интернете и на любых других ресурсах новейших оригинальных публикаций, обзоров, научных монографий и пособий по выбранной теме.

#### 4.5. Примерная тематика курсовых синтезов (при наличии) \_\_\_\_\_

Курсовые синтезы учебным планом не предусмотрены.

### V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

#### а) основная литература

1. Сафронов, Александр Юрьевич. Бионеорганическая химия золота [Текст] / А. Ю. Сафронов, Е. А. Даткова ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. - 283 с. ; 21 см. - Библиогр.: с. 251-283. - ISBN 978-5-9624-0645-9.
2. Уилсон, К. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии [Электронный

ресурс] / К. Уилсон, Дж Уолкер. - Москва : Бинوم. Лаборатория знаний, 2013. - 848 с. - (Методы в биологии). - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9963-2126-1.

3. Коваленко, Леонид Владимирович. Биохимические основы химии биологически активных веществ: [Электронный ресурс] / Л. В. Коваленко. - Москва : Бинوم. Лаборатория знаний, 2010. - 228, [1] с. [1] с. : ил. ; 22. - (Учебник для высшей школы). - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - Библиогр.: с. 229 (8 назв.). - Предм. указ.: с. 224-228. - 1500 экз. - ISBN 978-5-9963-0097-6 (в пер.).

#### **б) дополнительная литература**

1. А.Ю. Сафронов. Компьютерные модели бионеорганических молекул (*учебное пособие*) – chem.isu.ru/Химический факультет/Библиотека.
2. Неорганическая биохимия (под ред. Г. Эйхгорна) – М.: Мир, 1978, тт. 1 и 2.
3. Методы и достижения бионеорганической химии (под ред. К. МакОлиффа) - М.: Мир, 1978.
4. Г. Дюга, К. Пенни. Биоорганическая химия. – М.: Мир, 1983.
5. А. Г. Пасынский. Биофизическая химия. – М.: Высш. шк., 1968.
6. Х.-Д. Якубке, Х. Ешкайт. Аминокислоты, пептиды, белки. - М.: Мир, 1985.
7. Д. Уильямс. Металлы жизни. - М.: Мир, 1975.
8. Bogdanovskaya V.A., Safronov A.Yu., Tarasevich M.R., Chernyak A.S. Adsorption And Anodic Oxidation Of Glycylglycine And Some Amino Acids On A Gold Electrode // J.Electroanal.Chem., 1986.-V.202.-P.147-167.
9. Glazyrin A.L., Kolesnikov S.I., Safronov A.Yu. Histochemical Localization Of Oxidized Glutathione-Catalysing Enzymes In Human Term Placenta // Histochem.J., 1993.-V.25.-P.45-50.
10. Dobson P.J., Hill H.A.O., Leigh P.A., Mazumdar S., Safronov A.Y. Adenosine Triphosphate Synthesis Using An Electrochemically-Driven Proton Pump // J.Chem.Soc., Chem.Comm., 1994.-P.807-808.
11. Jacob C., Safronov A. Y., Wilson S., Hill H.A.O., Booth T.F., Chapman S.K. Redox Active Lipid Incorporating Proteins As A Novel Immobilization Technique - J. Electroanal. Chem., 1997, v.430.
12. N.S.Trofimova, A.Y.Safronov, O.Ikeda. Electrochemical and Spectral Studies on the Reductive Nitrosylation of Water-soluble Iron Porphyrin // Inorg.Chem. – 2003.- V.42, No 6.- P.1945-1951.
13. Korniyushova E.A., Kashevskii A.V., Arsent'ev K.Y., Pushkarev B.G., Nikiforov S.B., Safronov A.Y. Electrochemical Behavior Of Titanium And Platinum In Dicarboxylic Amino Acids Solution // Bioelectrochemistry. – 2019. – V.126. – P.113-120.

#### **в) список авторских методических разработок:**

1. А. Ю.Сафронов. Компьютерные модели бионеорганических молекул.- Учебное пособие. – <http://www.chem.isu.ru>.
2. А. Ю. Сафронов. Компьютерная презентация для курса лекций «Введение в бионеорганическую химию» (2019 г.).

#### **г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. [www.elar.usu.ru/.../1569/1/1333921\\_exam.pdf](http://www.elar.usu.ru/.../1569/1/1333921_exam.pdf)
2. [http://www.ksu.ru/chmku/docs/kn4\\_06.rtf](http://www.ksu.ru/chmku/docs/kn4_06.rtf)
3. [www.xenoid.ru/.../chem\\_books\\_download.php](http://www.xenoid.ru/.../chem_books_download.php)
4. [http://www.ftchemistry.dsmu.edu.ua/neorg\\_him/lek\\_14.html](http://www.ftchemistry.dsmu.edu.ua/neorg_him/lek_14.html)
5. <http://www.Ftchemistry.dsmu.edu.ua.html>
6. <http://www.edu.ru/db/portal/spe/archive.htm>

7. [http://www.krugosvet.ru/.../Himiya\\_neorganicheskaya.html](http://www.krugosvet.ru/.../Himiya_neorganicheskaya.html)
8. <http://www.edu.ru/window/library>
9. <http://www.novedu.ru>
10. [http://www.newlibrary.ru/.../neorganicheskaya\\_himiya](http://www.newlibrary.ru/.../neorganicheskaya_himiya)

## **VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

Помещения для проведения лекционных и лабораторных занятий, укомплектованные необходимым оборудованием, приборной базой и реактивами, а именно:

- аудитории, оснащенные мультимедийными средствами, для проведения аудиторных и практических занятий (ауд. 402, 426, 303); ауд. 5, 402, 426 оборудованы мультимедийными проекторами (InFocus IN 105 (3D Ready)), настенными экранами, ноутбуками Samsung NP 300T5A-A0FRU.

**6.2. Программное обеспечение:** стандартное для имеющихся на факультете ПК и ноутбуков Samsung NP 300T5A-A0FRU.

**6.3. Технические и электронные средства:** мультимедийные проекторы InFocus IN 105 (3D Ready), настенные экраны.

## **VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В процессе изучения дисциплины «Бионеорганическая химия» используются как традиционные, так и инновационные технологии, активные и интерактивные методы и формы обучения: технология объяснительно-иллюстративных обсуждений с элементами проблемного изложения, технология профессионально-ориентированного обучения, лекции, разбор конкретных ситуаций, решение ситуационных задач, решение тематических химических задач.

*Активные формы обучения.* Подготовка студентами докладов для выступления на научной сессии с элементами научной школы-конференции формирует умение проводить первичный анализ результатов с учетом законов и закономерностей, формулируемых в рамках бионеорганической химии, представлять результаты опытов и расчетных работ других исследователей, грамотно формулировать выводы.

Закрепление теоретических положений бионеорганической химии (основных законов и закономерностей) проводится в виде интерактивного обучения – дискуссионных обсуждений, формулирования вопросов и ответов на вопросы в процессе обсуждения докладов на научной сессии с элементами научной школы-конференции.

### **Наименование тем занятий с использованием интерактивных форм обучения:**

№	Тема занятия	Вид занятия	Форма / Методы интерактивного обучения	Кол-во часов
1	МЕТАЛЛОПРОТЕИНЫ В НАКОПЛЕНИИ И ТРАНСПОРТЕ	Научная сессия	Групповая дискуссия / доклад, презентация, опрос	8
2	МЕТАЛЛОФЕРМЕНТЫ	Научная сессия	Групповая дискуссия / доклад, презентация, опрос	7
3	ФОСФАТНЫЙ ПЕРЕНОС	Научная сессия	Групповая дискуссия /	6

			доклад, презентация, опрос	
4	ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ КОМПЛЕКСОВ МЕТАЛЛОВ ЖИЗНИ	Научная сессия	Групповая дискуссия / доклад, презентация, опрос	5
5	НЕКОТОРЫЕ ПОРФИРИНОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ	Научная сессия	Групповая дискуссия / доклад, презентация, опрос	9
Итого часов				<b>35</b>

### VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

#### Оценочные средства (ОС):

Оценочные средства текущего контроля формируются в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе ФГБОУ ВО «ИГУ». Назначение оценочных средств текущего контроля - выявить у обучающихся сформированность компетенций:

#### Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Оценка качества научного доклада и ответов на вопросы по докладу.	МЕТАЛЛОПРОТЕИНЫ В НАКОПЛЕНИИ И ТРАНСПОРТЕ	ОПК-6, ПК-1, ПК-6
2	Оценка качества научного доклада и ответов на вопросы по докладу	МЕТАЛЛОФЕРМЕНТЫ	ОПК-6, ПК-1, ПК-6
3	Оценка качества научного доклада и ответов на вопросы по докладу	ФОСФАТНЫЙ ПЕРЕНОС	ОПК-6, ПК-1, ПК-6
4	Оценка качества научного доклада и ответов на вопросы по докладу	ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ КОМПЛЕКСОВ МЕТАЛЛОВ ЖИЗНИ	ОПК-6, ПК-1, ПК-6
5	Оценка качества научного доклада и ответов на вопросы по докладу	НЕКОТОРЫЕ ПОРФИРИНОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ	ОПК-6, ПК-1, ПК-6

### ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Индикаторы достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть)	Процедура оценивания
ОПК-6,4 Готовит презентацию по заданной преподавателем теме и представляет ее на	<b>Владеет:</b> современным медийным и компьютерным оборудованием, способами поиска авторитетных	Выступление с докладом и ответы на вопросы по докладу

русском (и английском) языке	литературных научных источников и новейшей научной информации в сети Интернет, навыками изложения научных данных в виде доклада с использованием презентации.	
ПК-1.2 Проводит первичный поиск, анализ и обработку литературных данных по заданной тематике		
ПК-6.1 Знает теоретические основы базовых химических дисциплин (неорганической, органической, аналитической, физической химии) и способы их использования при решении конкретных химических задач	<b>Знает:</b> основы бионеорганической химии как продукта симбиоза современных неорганической и координационной химии, биохимии и энзимологии. <b>Умеет:</b> самостоятельно применять на практике приобретенные знания для решения современных химических и общечеловеческих задач, включая экологические проблемы, вопросы здоровья и медицинской профилактики.	

#### КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ:

Главным результатом оценки обучения студента в учебном семестре является получение зачёта за теоретическую и практическую часть изучаемой дисциплины по результатам выступления с докладом на научной сессии с элементами научной школы-конференции, докладчиками и оппонентами на которой выступают обучающиеся студенты.


Разработчик:



д.х.н, профессор А. Ю. Сафронов

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учетом рекомендаций ПООП по направлению и профилю подготовки 04.03.01 – «Химия».

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и неорганической химии «10» июня 2019 г.

Протокол № 5 Зав. кафедрой  /А. Ю. Сафронов/

*Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.*