

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Аннотированная рабочая программа дисциплины  
Бионеорганическая химия как основа жизнеобеспечения**

Направление подготовки  
**04.04.01 Химия**

Магистерская программа  
**Химические и физические методы исследований в экологической и  
криминалистической экспертизе**

Квалификация выпускника  
**Магистр**

Форма обучения  
**Очная**

Томск 2016

**1. Код и наименование дисциплины: Б1.В.ДВ.5.2 «Бионеорганическая химия как основа жизнеобеспечения»**

**2. Цель изучения дисциплины:** знание наиболее важных в биологическом отношении биогенных металлов и неметаллов, их соединений с аминокислотами, витаминами, лечебными препаратами, их состава, свойств, методов синтеза и анализа.

**3. Год и семестр обучения:** 2 год, 1 семестр.

**4. Общая трудоемкость дисциплины** составляет 2 зачетные единицы, 72 часа, из которых 30 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (18 часов – занятия лекционного типа, 12 часов – практические занятия семинарского типа) и 42 часа составляет самостоятельная работа обучающегося.

**5. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

<b>Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения)</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине</b>
<b>Второй уровень</b> (углублённый) <b>(ОПК-3) – II</b> способность реализовать нормы техники безопасности в лабораторных и технологических условиях.	<b>В (ОПК-3)–II Владеть:</b> навыками проведения химического эксперимента с соблюдением норм техники безопасности в лабораторных и технологических условиях.
<b>Второй уровень</b> (углублённый) <b>(ПК-1) – II</b> – способность проводить научные исследования по сформулированной тематике, самостоятельно составлять план исследования и получать новые научные и прикладные результаты.	<b>З(ПК-1) – II– Знать:</b> влияние биогенных элементов и биоактивных лигандов на различные системы и органы животных и человека. <b>У(ПК-1) – II– Уметь:</b> использовать классические и современные методы синтеза соединений на основе биогенных элементов с биологически активными органическими веществами: аминокислотами, витаминами. <b>В(ПК-1) – II – Владеть:</b> навыками прогнозирования состава и свойств получаемых соединений биогенных элементов с биологически активными органическими веществами: аминокислотами, витаминами.
<b>Второй уровень</b> (углублённый) <b>(ПК-2) – II</b> – владение теорией и навыками практической работы в избранной области химии.	<b>З(ПК-2) – II – Знать:</b> фундаментальные теории и закономерности химической науки. <b>У(ПК-2) – II – Уметь:</b> применять фундаментальные теории и закономерности химии в научной и исследовательской работе с веществами на основе биогенных элементов и биоактивных органических соединений. <b>В (ПК-2) – II– Владеть:</b> современными методами и технологиями освоения новых знаний в области бионеорганической химии и живой природы.
<b>Второй уровень</b> (углублённый) <b>(ПК-3) – II</b> – готовность использовать современную аппаратуру при	<b>З(ПК-3) – II – Знать:</b> физико-химические основы современных методов исследования веществ. <b>У(ПК-3) – II – Уметь:</b> работать с современными высокоточными эффективными

проведении научных исследований.	приборами исследования состава, физико-химических и структурных свойств веществ. <b>В(ПК-3) – II – Владеть:</b> методами обработки результатов анализа и исследования физико-химических свойств получаемых соединений биогенных элементов с биологически активными органическими веществами.
----------------------------------	--

## 6. Содержание дисциплины и структура учебных видов деятельности

### 6.1. Структура учебных видов деятельности

Наименование разделов (модулей) и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоятельная работа (час.)
		Лекции	Практические занятия	
Предмет изучения, основные понятия и задачи бионеорганической химии. Биогенные элементы и их соединения с биоактивными веществами. Функции биогенных элементов в живых организмах.	4	2	–	2
Важнейшие биолиганды и био-комплексы. Комплексы металлов с аминокислотами, барбитуратами, пептидами: особенности связи, состав, свойства, практическое значение. Концепция ЖМКО.	20	4	4	12
Биологическая роль неорганических соединений. Биологическая роль воды. Вода как среда. Структура воды в клетке. Вода как био-химический растворитель. Структура и свойства крепких физиологических водных растворов	22	6	4	12
Биоматериалы и требования к ним. Классификация биокерамики. Керамические материалы на основе оксидов алюминия, циркония, гидрокси- и фторапатита. Биоактивная стеклокерамика. Механизм взаимодействия биокерамики с живой тканью. Ферромагнитная и радиоактивная биокерамика для лечения злокачественных опухолей. Керамика для протезирования зубов. Углеродная керамика для сердечного клапана.	26	6	4	16
<b>Итого:</b>	<b>72</b>	<b>18</b>	<b>12</b>	<b>42</b>

### 6.2. Содержание дисциплины

#### Модуль 1. Предмет изучения, основные понятия и задачи бионеорганической химии. Биогенные элементы и их роль в живых организмах

Биометаллы и бионеметаллы, их положение в Периодической системе. Металлы *in vitro*. Источники попадания металлов в организм человека, места дислокаций *in vivo*.

Биометаллы – s-элементы. Потребности человеческого организма в натрии, калии, магнии, кальции. Функции катионов щелочных и щелочноземельных металлов в

биологических процессах. Натриево-калиевый насос. Кальций в процессах контроля: связывание, транспорт и накопление. Кальций и сокращение мышц. Кальций в секреции. Участие кальция в механизме свертывания крови.

Биометаллы – *d*-элементы. Особенности электронного строения атомов и биохимия марганца, железа, кобальта, меди, цинка, молибдена, их функции в организме человека. Типы реакций биологического окисления, электронтранспортные цепи. Окислительно-восстановительные потенциалы модельных систем. Модели электронного транспорта. Сбалансированность и регуляция содержания железа, меди, цинка в организмах.

Накопление и транспорт железа. Трансферрин. Ферритин: некоторые вопросы структуры. Поглощение и обмен железа.

Молекулярный кислород. Реакции внедрения (полного и неполного), реакции без внедрения (восстановление O<sub>2</sub> до воды и пероксида). Примеры. Переносчики кислорода. Окисление комплексов кобальта(II) с аммиачными и аминными лигандами кислородом воздуха.

Фиксация молекулярного азота и азотный цикл. Биологическая и абиологическая фиксация.

Фосфатный перенос. Две ключевые роли фосфора в биологии. Фосфаты и биоэнергетика. Гидролиз фосфор-содержащих соединений в организме. Основная "энергетическая" реакция организма. Строение и функции АТФазы (АТФ-синтетазы). Роль магния в фосфатном переносе.

Неметаллы как биомикроэлементы: бор, кремний, селен, мышьяк, галогены (фтор, хлор, бром, иод).

## **Модуль 2. Важнейшие биолиганды и биокомплексы**

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.

Комплексы металлов с аминокислотами. 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.

Пептиды. Особенности строения и номенклатура. Гомомерные и гетеромерные, гомодетные и гетеродетные пептиды. Пептиды в природе. Комплексы металлов с пептидами.

Комплексы кобальта(II) с аминокислотами и пептидами. Комплексы с диметилглиоксимом и родственными лигандами. Модельные соединения, в которых предполагается синглетный кислород.

Пиримидиновые основания и барбитуровые кислоты. Особенности строения и номенклатура. Барбитураты в медицине. Комплексы металлов с барбитуровыми соединениями.

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. Гормоны. Нуклепротеиды. Белки крови.

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.

Другие лиганды: нуклеиновые кислоты и нуклеотиды (фосфатные группы как лиганды), углеводы, карбоновые кислоты (COO-лиганды), липиды (триглицериды, фосфатиды, стероиды), простые анионы (анионы  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$  и  $\text{HI}$ ), химиотерапевтические агенты.

Модели гемоглобина.

Концепция ЖМКО. 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.

### **Модуль 3. Биологическая роль неорганических соединений**

Биологическая роль воды. Вода как среда. Структура воды в клетке. Вода как биохимический растворитель. Структура и свойства крепких физиологических водных растворов.

Пероксид водорода. Участие пероксида в химических и биологических процессах. Механизмы реакций с участием пероксида.

### **Модуль 4. Биоматериалы**

Требования к биоматериалам, используемым для протезирования. Классификация биокерамики по отношению к живой ткани (биоинертная, пористая, биоактивная, ресорбируемая). Керамические материалы на основе  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{ZrO}_2$ , гидрокси- и фторапатита. Биоактивная стеклокерамика. Механизм взаимодействия биокерамики с живой тканью. Ферромагнитная и радиоактивная биокерамика для лечения злокачественных опухолей. Керамика для протезирования зубов. Углеродная керамика для сердечного клапана.

## **6.3. Форма промежуточной аттестации: зачет.**

### **7. Ресурсное обеспечение:**

#### **7.1. Список основной литературы**

1. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: в 2 кн. /под ред. Ю. А. Ершова. - М.: Юрайт, 2016. – кн. 1 – 233 с.

2. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: в 2 кн. /под ред. Ю. А. Ершова. - М.: Юрайт, 2016. – кн. 2 – 360 с.

3. Общая и неорганическая химия. Учебник для вузов / Оганесян Э.Т., Попков В.А., Щербакова Л.И., Брель А.К. - М.: Юрайт, 2016

#### **7.2. Список дополнительной литературы**

1. Ахметов Н. С. Общая и неорганическая химия: учебник: [для студентов, аспирантов и преподавателей химических факультетов университетов] / Н. С. Ахметов. – Изд. 8-е, стереотип. – Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2014. – 743 с.

2. Ершов Ю.А., Попков В.А., Берлянд А.С., Общая химия, М., Высшая школа», 2007.

3. Биофизическая химия: учебное пособие / В. Калоус, З. Павличек; пер. с чеш. А. П. Сергеева. – Москва: Мир, 1985. – 446 с.

#### **7.3. Электронные ресурсы**

1. [www.chem.msu.ru/rus/weldept.html](http://www.chem.msu.ru/rus/weldept.html)

2. [www.chem.msu.ru/rus/elibrary/](http://www.chem.msu.ru/rus/elibrary/)

3. [www.chemnet.com](http://www.chemnet.com)

**8. Автор программы:** Коротченко Наталья Михайловна, канд. хим. наук, доцент кафедры неорганической химии ХФ ТГУ.