

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Химический факультет



УТВЕРЖДАЮ:

И.о. декана химического факультета  
\_\_\_\_\_ А.С. Князев

» августа 20 22 г.

Рабочая программа дисциплины

**Бионеорганическая химия как основа жизнеобеспечения**

по направлению подготовки

**04.04.01 Химия**

Направленность (профиль) подготовки:

**«Фундаментальна и прикладная химия веществ и материалов»**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Магистр**

Год приема

**2022**

Код дисциплины в учебном плане: ФТД.08

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

\_\_\_\_\_ А.С. Князев

Председатель УМК

\_\_\_\_\_ В.В. Хасанов

Томск – 2022

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ПК-1. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках.

– ПК-3. Способен к решению профессиональных производственных задач.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК-1.1. Разрабатывает стратегию научных исследований, составляет общий план и детальные планы отдельных стадий.

ИПК-1.2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, используя достижения современной химической науки, и исходя из имеющихся, материальных, информационных и временных ресурсов.

ИПК-1.3. Использует современное физико-химическое оборудование для получения и интерпретации достоверных результатов исследования в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках, применяя взаимодополняющие методы исследования.

ИПК-3.1. Анализирует имеющиеся нормативные документы по системам стандартизации, разработки и производству химической продукции и предлагает технические средства для решения поставленных задач.

ИПК-3.2. Производит оценку применимости стандартных и/или предложенных в результате НИР технологических решений на применимость с учетом специфики изучаемых процессов.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1) иметь представление о роли химических элементов в возникновении и развитии физиологических и патологических процессов в живом организме;

2) уметь использовать теоретические знания и практические навыки для выявления и изучения на молекулярном уровне состава, строения и биологической роли неорганических соединений (в частности продуктов взаимодействия биометаллов с биолигандами), участвующих в различного рода биологических процессах;

3) знать современные методы, методики, технологии математического и химического моделирования биологических и биохимических процессов с участием химических элементов и их соединений;

4) уметь использовать результаты бионеорганической химии а) в медицине при диагностике заболеваний, создании новых препаратов и установлении механизмов их действия; б) в охране окружающей среды, в) в агротехнике.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к факультативным дисциплинам, предлагается обучающимся на выбор.

## **4. Семестр освоения и форма промежуточной аттестации по дисциплине**

Семестр 3, зачет.

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, знания, умения, сформированные в ходе изучения дисциплин обязательной части профессионального блока (неорганическая, аналитическая, органическая, физическая химия), дисциплин

обязательной части общепрофессионального блока (высшая математика, физика, иностранный язык).

Освоение данной дисциплины дает возможность использования методологических знаний при подготовке научных проектов и выпускных квалификационных работ.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 з.е., 36 часов, из которых:

– лекции: 12 ч.;

– практические занятия: 20 ч.

в том числе практическая подготовка: 20 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам/модулям**

### ***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 их 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 кислородом воздуха комплексов кобальта (II) с аммиачными и аминными лигандами.

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. Пептиды: особенности строения и номенклатура. 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. 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), анионы неорганических кислот ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ), химиотерапевтические агенты.

Модели гемоглобина.

Концепция ЖМКО. Классификационные признаки жестких и мягких катионов металлов и лигандов. Количественные параметры мягкости – кислотная (основная) сила и константа мягкости, их оценка и связь с термодинамическими параметрами соединений. 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, резорбируемая). Керамические материалы на основе  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ , 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.

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, выполнения домашних заданий, самостоятельной работы, индивидуального задания с презентацией и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Текущий контроль позволяет проверить приобретенные знания по ПК-1 (ИПК 1.1-1.3), ПК-3 (ИПК 3.1-3.2).

*Примерный перечень тем индивидуальных заданий:*

1. Биологическая роль ионов металлов.
2. Ферменты, действующие по механизму кислотного катализа.
3. Окислительно-восстановительный катализ в живой природе.
4. Металлы в медицине.
5. Принципы детоксикации при лечении отравлений ионами металлов.
6. Металлы-зонды в биохимических исследованиях.
7. Лекарственные препараты на основе комплексов меди, серебра, золота.
8. Лекарственные препараты на основе координационных соединений неметаллов.
9. Поливитаминные и полиминеральные комплексы.
10. Влияние лития на психическое состояние человека.
11. Гемоглобин, его структура и функции в живом организме.
12. Биокерамика на основе гидроксипатита, ее применение в восстановительной медицине.

*Критерии оценивания презентации и реферата:*

- 1) уровень раскрытия темы;
- 2) структурированность материала;
- 3) наличие высокоэффективной презентации;
- 4) количество и надежность использованных литературных источников.

*Оценка*

- 1) «зачтено» – реферат и презентация оформлены в соответствии с методическими требованиями к оформлению учебных и научных работ студентов; тема проработана и раскрыта, материал структурирован;
- 2) «не зачтено» – если хотя бы один из критериев не выполнен.

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Зачет в третьем семестре проводится по билетам с учетом результатов выполнения индивидуального задания, представленного в виде презентации с рефератом.

Продолжительность зачетного занятия 1,5 часа, из них 1 час на подготовку ответа, 0,5 часа на устный ответ.

Билет зачета включает два вопроса. Вопрос первый предполагает знание теории по программе дисциплины и проверяет ИПК-3.1, ИПК-3.2. Вопрос второй носит практический характер, предполагает составление химических формул веществ, имеющих бионеорганическое значение, проведение расчетов при решении задачи с участием таких веществ и проверяет ИПК-1.2, ИПК-1.3.

*Пример зачетного билета:*

Билет № 6

1. Ферменты, содержащие цинк, кобальт, молибден. Биофизиологическая роль этих ферментов.
2. Охарактеризуйте химический состав, строение и свойства хлорофилла. В 100 г зеленых листьев содержится около 20 мг хлорофилла. Рассчитайте массовую долю (в %, масс.) магния в листьях, считая, что весь магний содержится в хлорофилле.

*Критерии оценивания:*

- 1) знание теоретического материала;
- 2) подтверждение ответа примерами соединений, их химических формул;
- 3) правильное решение расчетной задачи;

4) умение вести дискуссию, отвечать на дополнительные вопросы преподавателя.

Результаты зачета определяются оценками «зачтено», «не зачтено»:

*Оценка:*

1) «зачтено» – дан ответ на вопросы 1 и 2 билета в соответствии с критериями оценивания;

2) «не зачтено» – дан ответ только на один из двух вопросов билета.

### **11. Учебно-методическое обеспечение**

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=26360>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине:

– пример билета для самостоятельной работы;

– перечень тем индивидуального задания (ИЗ);

– пример билета для зачетного занятия.

в) Темы семинарских / практических занятий по дисциплине.

г) Методические рекомендации по содержанию ИЗ, презентации и реферата к нему.

### **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

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

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

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

б) дополнительная литература:

– 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.

– Ершов Ю. А., Попков В. А., Берлянд А. С., Общая химия, М. : Высшая школа, 2007.

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

в) ресурсы сети Интернет:

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

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

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

– Общероссийская Сеть КонсультантПлюс Справочная правовая система.  
<http://www.consultant.ru>

### **13. Перечень информационных технологий**

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

в) профессиональные базы данных:

– Университетская информационная система РОССИЯ – <https://uisrussia.msu.ru/>

#### **14. Материально-техническое обеспечение**

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, оснащенные мультимедийным оборудованием для демонстрации презентаций, слайдов и компьютерной анимации; интерактивной доской (аудитории №№ 212, 402 учебного корпуса № 6 ТГУ).

Аудитории для проведения индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет (аудитории №№ 404, 406 учебного корпуса № 6 ТГУ).

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам (аудитории №№ 212, 219 учебного корпуса № 6 ТГУ).

#### **15. Информация о разработчиках**

Коротченко Наталья Михайловна, канд. хим. наук, доцент, кафедра неорганической химии Национального исследовательского Томского государственного университета, доцент.