

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

Институт «Умные материалы и технологии»

УТВЕРЖДЕНО:  
Директор Института «Умные  
материалы и технологии»  
И.А. Курзина

Рабочая программа дисциплины

**Бионеорганическая химия**

по направлению подготовки

**27.03.05 Инноватика**

Направленность (профиль) подготовки:  
**Tomsk International Science Program, с профессиональным модулем Молекулярная  
инженерия / Molecular Engineering**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Инженер**

Год приема

**2024**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОП  
И.А. Курзина

Председатель УМК  
Г.А. Воронова

Томск – 2024

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 – Способен формулировать и анализировать задачи профессиональной деятельности на основе знаний естественных, математических и технических наук, с учетом требований законодательства.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РООПК-1.1. Знает основные положения и законы естественных, математических и технических наук, нормативы, регулирующие научную и производственную деятельность.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Изучение химических основ образования комплексов низкомолекулярных природных веществ и биополимеров с ионами металлов;

– Формирование умений анализировать роль ионов металлов, с учетом их комплексообразующей способности, в выполнении биологических функций ферментов;

– Формирование навыков выявления взаимосвязи между биогенными свойствами и экотоксичностью химических элементов и их соединений и их фундаментальными химическими свойствами.

## **3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы Блока 1, Дисциплины (модули).

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

Семестр 4, зачет.

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

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Органическая химия», «Физическая химия» и «Биохимия».

## **6. Язык реализации**

Английский

## **7. Объем дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

– лекции: 18 ч.;

– семинарские занятия: 6 ч.;

– практические занятия: 0 ч.;

– лабораторные работы: 28 ч.

в том числе практическая подготовка: 34 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам**

Тема 1. Основные понятия химии комплексных соединений

Общие сведения о комплексных соединениях. Комплексообразователь, лиганды, координационное число, дентатность и амбидентатность лигандов, внутренняя и внешняя сфера комплексного соединения. Классификация комплексов. Номенклатура. Изомерия комплексных соединений.

## Тема 2. Химическая связь в комплексных соединениях

Метод валентных связей. Понятие о теории кристаллического поля. Энергия стабилизации. Эффект Яна-Теллера. Спектрохимический ряд. Объяснение магнитных свойств и электронных спектров поглощения комплексных соединений. Метод молекулярных орбиталей. Образование сигма- и пи- связей по методу молекулярных орбиталей.

## Тема 3. Устойчивость комплексных соединений

Равновесия в растворах комплексных соединений. Константы образования - полная и ступенчатые. Использование справочных данных для вычислений параметров, характеризующих равновесия в растворах комплексных соединений. Хелатный эффект. Реакции с участием комплексных соединений.

## Тема 4. Порфириновые комплексы металлов

Порфириновые циклы. Гем-белки. Гемоглобин и миоглобин. Реакции обмена лигандов. Накопление и перенос кислорода. Процесс дыхания. Окислительно-восстановительные реакции. Оксидоредуктазы. Цитохромы. Пероксидаза. Каталаза. Негемовые белки. Ферродоксины и рубредоксины.

## Тема 5. Комплексообразование и биологические функции ферментов

Строение и действие ферментов. Понятие о механизме ферментативного катализа. Кофакторы. Коферменты. Биокаталитические процессы в живых системах. Фотосинтез. Механизм действия хлорофилла. Световая и темновая стадия фотосинтеза. Витамин В12. Корриновый цикл. Восстановление органических соединений и присоединение метильной группы. Карбоксипептидаза. Разрыв пептидной связи. Карбоангидраза. Процесс гидратации диоксида углерода. Нитрогеназа. Фиксация азота.

## Тема 6. Особенности термодинамики биохимических процессов

Первый закон термодинамики и энергетическое обеспечение биохимических процессов. Углеводы, белки, липиды как источник энергии для живых организмов. Аденозинтрифосфат (АТФ). Второй закон термодинамики. Энтропия и информация. Энергия Гиббса. Самопроизвольные процессы. Химическое равновесие. Стационарное состояние открытых систем. Принцип И.Р. Пригожина. Гомеостаз. Энд- и экзэргонические биохимические реакции. Принцип энергетического сопряжения. Электронотранспортные цепи.

## Тема 7. Химия элементов - органоенов

Классификация и распространение химических элементов в живых системах. Строение, химические свойства и роль элементов-органогенов и их соединений в растительном и животном мире. Водород, углерод, азот, фосфор, кислород, сера и их соединения. Строение и химические свойства галогенов и их соединений. Круговорот элементов-органогенов в природе.

## Тема 8. Химия ионов металлов жизни

Свойства и биологическая роль ионов металлов жизни (Na, K, Mg, Ca, Mn, Fe, Co, Si, Zn, Mo). Натрий и калий. Дисбаланс ионов  $N^+$  и  $K^+$  во внутри- и межклеточных жидкостях и его значение для функции клеток. Роль магния в ферментативных процессах. Роль кальция в формировании костной ткани. Свойства d-элементов.

## Тема 9. Вещества - экотоксиканты

Ранжирование веществ по токсичности на основе соотношения «доза-реакция». Опасные загрязняющие вещества: избыточные азотные удобрения, соединения тяжелых

металлов (ртути, свинца, кадмия, олова, меди, никеля); моно- и полиядерные ароматические углеводороды (ПАУ), полихлорированные бифенилы (ПХБ), дибензодиоксины (ПХДД), дибензофураны (ПХДФ) и др. Радионуклиды. Наиболее распространенные экотоксиканты:  $O_3$ , CO, NO,  $NO_2$ ,  $SO_2$ ,  $SO_3$ . Загрязнение соединениями серы. Загрязнение соединениями азота. Загрязнение водоемов биогенными элементами. Загрязнение метаном. Загрязнение монооксидом углерода. Характеристика взаимосвязи между химическими свойствами указанных соединений и их экотоксичностью.

#### Тема 10. Механизмы действия экотоксикантов и методы защиты

Молекулярные, клеточные и другие механизмы токсичности (взаимодействие с ДНК, белками, липидами, ферментами). Ингибиторы ферментов обратимого действия. Экотоксичность метилртути, метилкадмия, оловоорганических соединений. Биоаккумуляция экотоксикантов в водных пищевых цепях. Методы защиты: антитоды, замена токсичных веществ нетоксичными, утилизация отходов, перевод технологий на методы «зеленой химии». Источники поступления экотоксикантов:  $O_3$ , CO, NO,  $NO_2$ ,  $SO_2$ ,  $SO_3$  в биосферу. Механизмы действия соединений серы. Кислотные дожди и их воздействие на экосистемы. Участие NO в разрушении  $O_3$  в верхних слоях атмосферы. Загрязнение водной среды ионами  $NH_4^+$  и  $NO_3^-$ . Эвтрофирование водоемов. Роль фосфора в процессе эвтрофирования. Токсичность нитритов и нитратов. Участие выбросов  $CH_4$  в атмосферу в усилении парникового эффекта. Разная роль  $O_3$  в различных слоях атмосферы.

### 9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости и оценивания отчетов по выполненным практическим работам, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. При выполнении всех практических заданий студент допускается к сдаче зачета.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>

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

Зачет по курсу «Бионеорганическая химия» проводится в форме устного опроса студентов.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>

### 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» – <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=35099>

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

в) План практических занятий по дисциплине.

г) Методические указания по проведению практических занятий.

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

а) основная литература:

– Слесарев В. И. Химия : основы химии живого : [учебник для вузов по естественнонаучным направлениям и специальностям] / В. И. Слесарев. - Изд. 3-е, испр.. - СПб. : Химиздат, 2005. - 782, [2] с.: ил.

– Яцимирский К. Б. Введение в бионеорганическую химию / К. Б. Яцимирский. ; АН Украинской ССР Ин-т физической химии им. Л. В. Писаржевского. - Киев : Наукова думка, 1976. - 142, [2] с.: ил.

– Чистяков Ю. В. Основы бионеорганической химии : [учебное пособие для вузов, обучающихся по специальности 020101 - "Химия"] / Ю. В. Чистяков. - Москва : КолосС [и др.], 2007. - 538, [1] с.: ил.

– Бертини И. Биологическая неорганическая химия: структура и реакционная способность : в 2 т. / Бертини И., Грей Г., Стифель Э., Валентине Д.. - Москва : Лаборатория знаний, 2021. - 1148 с.

б) дополнительная литература:

– Бабков А. В. Химия в медицине : Учебник Для СПО / Бабков А. В., Нестерова О. В. ; под ред. Попкова В.А.. - Москва : Юрайт, 2022. - 403 с.

– Манорик П. А. Разнолигандные биokoординационные соединения металлов в химии, биологии, медицине / П. А. Манорик; АН Украины, Ин-т физ. химии им. Л. В. Писаржевского. - Киев : Наук. думка, 1991. - 270,[2] с.: ил.

– Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов : [учебник для вузов по медицинским, биологическим, агрономическим, ветеринарным, экологическим специальностям / Ю. А. Ершов, В. А. Попков, А. С. Берлянд, А. З. Книжник] ; под ред. Ю. А. Ершова. - Изд. 6-е, испр.. - М. : Высшая школа, 2007. - 559, [1] с.: ил.

– Ленский А. С. Введение в бионеорганическую и биофизическую химию : [Учебное пособие для медицинских специальностей вузов] / А. С. Ленский. - М. : Высшая школа, 1989. - 255,[1] с.: ил.

в) ресурсы сети Интернет:

– Journal of Inorganic Biochemistry – <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-inorganic-biochemistry>

– Bioinorganic Chemistry and Applications – <https://www.hindawi.com/journals/bca/>

– JBIC Journal of Biological Inorganic Chemistry – <https://www.springer.com/journal/775>

### 13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standard 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, 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/>

### 14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешанном формате («Актру»).

## **15. Информация о разработчиках**

Дергал Фатех, БИ ТГУ.