

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Химический факультет

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол № 6 от 31.05.2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Бионеорганическая химия

Уровень высшего образования
Магистратура

Направление подготовки / специальность
04.04.01 - Химия

Направленность образовательной программы
Органическая и медицинская химия

Форма обучения
очная, очно-заочная

г. Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03.ДВ.02.02 Бионеорганическая химия относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1-н: Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках	ПК-1-н.1: Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий ПК-1-н.2: Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов	ПК-1-н.1: Уметь проводить тактическое и стратегическое планирование научно-исследовательских работ Знать основные теоретические и экспериментальные подходы бионеорганической химии ПК-1-н.2: Владеть базовыми понятиями бионеорганической химии для постановки задач и реализации мультидисциплинарных исследований	Собеседование	Зачёт: Реферат
ПК-2-н: Способен проводить информационные исследования в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках	ПК-2-н.1: Проводит поиск специализированной информации в информационных базах данных ПК-2-н.2: Анализирует и обобщает результаты информационного поиска по тематике проекта в области неорганической химии и/или смежных с химией науках	ПК-2-н.1: Уметь формулировать поисковые запросы для проведения эффективного поиска научной информации Знать основные источники научной информации, их ограничения по тематикам, доступу и т.д. ПК-2-н.2: Владеть навыками работы в онлайн библиографических мультидисциплинарных и специализированных базах данных	Собеседование	Зачёт: Реферат

--	--	--	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная	очно-заочная
Общая трудоемкость, з.е.	3	3
Часов по учебному плану	108	108
в том числе		
аудиторные занятия (контактная работа):		
- занятия лекционного типа	32	36
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32	36
- КСР	1	1
самостоятельная работа	43	35
Промежуточная аттестация	0 зачёт	0 зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего (часы)		в том числе							
			Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы	
			Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы		Всего			
	о ф о	о з ф о	о ф о	о з ф о	о ф о	о з ф о	о ф о	о з ф о	о ф о	о з ф о
Тема 1. Основные понятия, терминология, предмет и подходы биологической неорганической химии.	8	8	2	4	2	2	4	6	4	2
Тема 2. Химия кислорода и его переносчик. Термодинамика, кинетика, свободно-радикальное окисление.	14	14	4	6	4	4	8	10	6	4
Тема 3. Транспорт и накопление металлов. Мембранный транспорт. Металлопротеины, содержащие цинк. Роль и транспорт железа в организме человека.	18	18	6	6	6	6	12	12	6	6
Тема 4. Роль железа в дыхании и катализе в организме человека. Биосинтез гема. Гемсодержащие протенины или гемовые белки.	15	16	4	4	4	6	8	10	7	6
Тема 5. Органические реакции с участием металлопротеина. Химия гидролиза. Химия редокс процессов, редоксферменты.	18	17	6	6	6	6	12	12	6	5

Метаболизм серы и азота.										
Тема 6. Общие принципы биоминерализации.	15	15	4	4	4	6	8	10	7	5
Тема 7. Терапевтические лекарственные средства, содержащие металлы (противоопухолевые, противоартритные, противоязвенные). Контрастные и диагностические агенты. Молекулярные мишени. Метаболизм металлов как цель терапии.	19	19	6	6	6	6	12	12	7	7
Аттестация	0	0								
КСР	1	1					1	1		
Итого	108	108	32	36	32	36	65	73	43	35

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "." (.).
- открытый онлайн-курс МООС "." (.).

Иные учебно-методические материалы: .

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н

1. «Металлы жизни». Принципы отбора Природой жизненно необходимых элементов.
2. Краткая электронно-химическая характеристика основных биометаллов. Структура и стереохимия координационных соединений. Определения и краткая характеристика основных понятий (лиганд, донорный атом, конфигурация комплекса). Координационное число. Определение понятия и характеристика. Геометрия различных комплексов биометаллов в связи с наиболее распространенными координационными числами.
3. Биолиганды. Понятие, общая характеристика основных типов биолигандов. «Концентрация» биолиганда. Основные представления о химической связи в координационных соединениях биометаллов и биолигандов. Роль электростатических сил, ковалентных и донорно-акцепторных взаимодействий.
4. Кинетика комплексообразования металл-биолиганд. Понятие «общей» и «ступенчатой» константы устойчивости комплекса. «Хелатный эффект» в комплексообразовании. Его роль в устойчивости комплексов. Макроциклический эффект.
5. Основные положения концепции жестких и мягких кислот и оснований (ЖМКО). Применимость концепции ЖМКО к объяснению избирательности и специфичности взаимодействий металл-лиганд.
6. Натрий и калий, магний и кальций. Химия, типы и конфигурация связей in vitro.
7. Переходные металлы. Химия, типы и конфигурация связей in vitro. Биологическая роль.

8. Комплексы аминокислот и пептидов с биометаллами. Участие различных функциональных групп и донорных атомов аминокислот и пептидов в комплексообразовании с биометаллами. Роль концевых аминогрупп, карбоксильных и пептидных групп в связывании ионов металлов.
9. Взаимодействие белков с ионами металлов. Основные закономерности. Взаимодействие нуклеиновых кислот с ионами металлов. Основные закономерности. Функции, выполняемые ионом металла в ферментативном катализе. Каталитические и структурные функции ионов металлов в белках. «Химические» и «структурные» металлы. Степень связывания и специфичность связывания иона металла в белке. Критерий истинности металлофермента.
10. Железопротеины. Характеристика, основные типы. Гемоглобин человека. Проблема неоднородности гемоглобинов, ее значение в бионеорганической химии. Влияние белка-апофермента на координацию молекулы кислорода в гемоглобине и миоглобине. Особенности структуры гемового «кармана» в гемоглобине. Значение изменений электронной конфигурации d-орбиталей железа в обратимом связывании кислорода. Стабилизация пентакоординационного комплекса Fe (II) в гемоглобине. Стереохимия и электронная структура связи железо-кислород в гемоглобине. Возможная роль дистального гистидина E7 в функционировании гемоглобина и миоглобина.
11. Белки, связывающие кальций. Нуклеаза стафилококка. Данные по замещению металла в активном центре фермента. Механизм работы карбоксипептидазы (КПА). Роль Zn (II). Карбоангидраза. Молекулярная структура и характеристика области активного центра. Регуляторная роль молибдена в биологических системах.
12. Общая характеристика многоядерных железосодержащих белков. Фосвитин. Гастроферрин. Ферритин. Лактоферрин. Желездекстран. Структура и стереохимия координационных соединений биометаллов с биолигандами.
13. Лекарственные препараты – координационные соединения. Лекарственные препараты на основе координационных соединений металлов I-II группы.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н

1. Задачи и проблемы, решаемые бионеорганической химией. Основные направления развития бионеорганической химии. Бионеорганическая химия – пограничная наука. Место бионеорганической химии среди традиционных химических дисциплин. Различия в объекте исследования в бионеорганической, элементоорганической и органической химии.
2. Основы классификации и общие свойства элементоорганических соединений. Поляризация G-связи в элементоорганических соединениях непереходных элементов и типичных неметаллов
3. Краткая характеристика основных методов изучения строения координационных соединений биометаллов с биолигандами. Принцип метода «ионных проб», применяемого при изучении координационных соединений биометаллов. Условия, соблюдение которых необходимо для успешного замещения ионов.
4. Основные направления моделирования в бионеорганической химии. Биомиметические модели.

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно»

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые	Имеется минимальный набор навыков для	Продemonстрированы базовые навыки при решении	Продemonстрированы базовые навыки при решении	Продemonстрированы навыки при решении	Продemonстрирован творческий подход к решению

	навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	навыки. Имели место грубые ошибки	решения стандартных задач с некоторым и недочетами	стандартных задач с некоторым и недочетами	стандартных задач без ошибок и недочетов	нестандартных задач без ошибок и недочетов	нестандартных задач
--	--	-----------------------------------	--	--	--	--	---------------------

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации

5.3.1 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

Оценочное средство - Реферат

Зачёт

Критерии оценивания (Реферат - Зачёт)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно»

Типовые задания (Реферат - Зачёт) для оценки сформированности компетенции ПК-1-н
(Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией науках)

Тема 1. Гемсодержащие металлопротеины. Биологически важные макроциклические лиганды и их производные. Физико-химические методы исследования

Тема 2. Протопорфирин IX. Гем и гемин. Транспорт кислорода, транспорт электронов (цитохромы).

Тема 3. Катализ гемопротеинами реакций окисления, например, стереоспецифическое гидроксирование нереакционноспособных атомов углерода (монооксигеназы)

Тема 4. Генерирование свободных радикалов, которые участвуют в механизмах защиты клетки и сигнальных механизмах (фагоцитная оксидаза, NO-синтаза)

Тема 5. Метаболические ошибки биосинтеза гема. Врожденная порфирия: Наследственный дефект уropорфириноген III ко-синтазы. Острая перемежающаяся порфирия

Тема 6. Противоопухолевые металлосодержащие ЛС

Тема 7. Противовоспалительные металлосодержащие ЛС

Тема 8. Контрастные и диагностические металлосодержащие агенты

Тема 9. Металлосодержащие молекулярные мишени

Тема 10. Биомиметическая костная ткань. Методы получения и механизм действия

Типовые задания (Реферат - Зачёт) для оценки сформированности компетенции ПК-2-н
(Способен проводить информационные исследования в выбранной области химии, химической технологии и/или смежных с химией наук)

1. Мессбауэровская спектроскопия как метод анализа ферритина и железосодержащих компонентов биосистемы

2. Ферритин и трансферритин, и их фармацевтические аналоги (Мальтофер, Дексфер, Амилофер и др.). Методы исследования (мессбауэровская спектроскопия, ЭПР и ЯМР спектроскопия, рентгенофазовый анализ).

3. Диагностика некоторых злокачественных заболеваний системы крови с использованием мессбауэровской спектроскопии тканей, содержащих железозапонирующие белки

4. Ферритин как маркер воспаления при коронавирусной инфекции.

5. Каталитические циклы железосодержащих оксидоредуктаз (пероксидаза, каталаза и др.). ЭПР и УФ-спектральные доказательства образования Compound I и Compound II.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Биологическая неорганическая химия: структура и реакционная способность. Т. 1 : учебник / Бертини И.; Грей Г.; Стифель Э.; Валентине Дж. - Москва : Лаборатория знаний, 2021. - 506 с. - ISBN 978-5-93208-504-2., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=838071&idb=0>.
2. Биологическая неорганическая химия: структура и реакционная способность. Т. 2 : учебник / Бертини И.; Грей Г.; Стифель Э.; Валентине Дж. - Москва : Лаборатория знаний, 2021. - 642 с. - ISBN 978-5-93208-505-9., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=838072&idb=0>.
3. Жауэн Ж. Биометаллоорганическая химия / Жауэн Ж. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 505 с. - ISBN 978-5-00101-668-7., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=736431&idb=0>.
4. Ауэрман Татьяна Львовна. Основы биохимии : Учебник / Московский государственный университет пищевых производств. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2013. - 400 с. - ВО - Бакалавриат. - ISBN 978-5-16-005295-3., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=608629&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Тихонов Г.П. Основы биохимии. Учебное пособие : Учебное пособие. - Москва : Московская государственная академия водного транспорта (МГАВТ), 2014. - 184 с. - ВО - Бакалавриат., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=595789&idb=0>.
2. Ивчатов Александр Леонидович. Химия воды и микробиология : Учебник / Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет. - 1. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2021. - 218 с. - Среднее профессиональное образование. - ISBN 978-5-16-006616-5. - ISBN 978-5-16-101073-0., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=769228&idb=0>.
3. Коваленко Л.В. Биохимические основы химии биологически активных веществ / Коваленко Л.В. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 232 с. - ISBN 978-5-00101-860-5., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=736512&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

<https://e.lanbook.com/book/94165?category pk=3863>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению 04.04.01 - Химия.

Автор(ы): Мельникова Нина Борисовна, доктор химических наук, профессор.

Заведующий кафедрой: Князев Александр Владимирович, доктор химических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 25.05.2023 г., протокол № 7.