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
“10” июня 2026 г.

Рабочая программа дисциплины Б1.В.20

Наименование дисциплины **БИОНЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

Направление подготовки **04.03.01 - Химия**
Направленность подготовки: **Фармацевтическая химия**

Квалификация выпускника – **БАКАЛАВР**

Форма обучения ***очная***

Согласовано с УМК химического факультета

Протокол № 4 от «10» июня 2026 г.

Председатель _____ *Вильмс А.И.*

Рекомендовано кафедрой общей и неорганической химии:

Протокол № 6 от «09» июня 2026 г.

Зав. кафедрой _____ *Сафронов А.Ю.*

Иркутск 2026 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.20).

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: Фармацевтическая химия*.

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

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-1 Способен проводить сбор, анализ и обработку информации, необходимой для решения задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	*ИДК $_{ПК-1.1.}$* Собирает информацию, необходимую для решения задач исследования, поставленных специалистом более высокой квалификации	**Владеть:** 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
ПК-4 Способен обрабатывать результаты работ химической направленности с использованием стандартных методов и методик	*ИДК$_{ПК-4.2}$* Применяет при обработке данных стандартное и оригинальное программное обеспечение в соответствии с действующими технологическими регламентами	
ПК-6 Способен применять основные естественнонаучные законы и закономерности развития химической науки при анализе полученных результатов	*ИДК$_{ПК6.1}$* Знает теоретические основы базовых химических дисциплин (неорганической, органической, аналитической, физической химии) и способы их использования при решении конкретных химических задач	**Знать**: основы бионеорганической химии как продукта симбиоза современных неорганической и координационной химии, биохимии и энзимологии. **Уметь:** самостоятельно применять на практике приобретенные знания для решения современных химических и общечеловеческих задач, включая экологические проблемы, вопросы здоровья и медицинской профилактики.

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)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)*
			Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятель-ная работа	
			Лекции	Лабораторные и практические занятия	КСР + консультации		
1	ВВЕДЕНИЕ	7	1	-	-	-	-
2	"МЕТАЛЛЫ ЖИЗНИ"	7	10	-	-	-	-
3	ЛИГАНДЫ	7	11	-	-	-	-
4	КООРДИНАЦИОННАЯ ХИМИЯ МЕТАЛЛОВ ЖИЗНИ В МОДЕЛЬНЫХ И БИОСИСТЕМАХ	7	12	-	-	-	-
5	МЕТАЛЛОПРОТЕИНЫ В НАКОПЛЕНИИ И ТРАНСПОРТЕ	7	-	4	1	2	Анализ и оценка докладов на научной сессии с элементами научной школы-конференции
6	МЕТАЛЛОФЕРМЕНТЫ	7	-	4	1	2	Анализ и оценка докладов на научной

№ п/п	Раздел дисциплины/темы	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)*
			Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная	
							сессии с элементами научной школы-конференции
7	ФОСФАТНЫЙ ПЕРЕНОС	7	-	2	1	2	Анализ и оценка докладов на научной сессии с элементами научной школы-конференции
8	ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ КОМПЛЕКСОВ МЕТАЛЛОВ ЖИЗНИ	7	-	2	1	1	Анализ и оценка докладов на научной сессии с элементами научной школы-конференции
9	НЕКОТОРЫЕ ПОРФИРИНОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ	7	-	4	1	2	Анализ и оценка докладов на научной сессии с элементами научной школы-конференции
10	**Зачёт**						
Итого часов			**34**	**16**	**5**	**9**	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	2	Доклад на научной сессии-школе	1.Все доступные Интернет-ресурсы. 2. А. Ю.Сафронов. Компьютерные модели бионеорганических молекул.- Учебное пособие. – http:/www.chem.isu.ru. 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	2	Доклад на научной сессии-школе	
7	ФОСФАТНЫЙ ПЕРЕНОС	Подготовка доклада по выбранной теме научной сессии с элементами научной школы-конференции	Ноябрь-декабрь	2	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	1	Доклад на научной сессии-школе	
7	НЕКОТОРЫЕ ПОРФИРИНОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ	Подготовка доклада по выбранной теме научной сессии с элементами научной школы-конференции	Ноябрь-декабрь	2	Доклад на научной сессии-школе	
Общая трудоемкость самостоятельной работы по дисциплине (час)				**9**		
Бюджет времени самостоятельной работы, предусмотренный учебным планом для данной дисциплины (час)				**9**		

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 плоскоквадратной 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 церулоплазмина, 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 фосфоролиз. 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 c_1 и цитохромоксидазы. Цитохромы *b*-типа, цитохромы Р-450 и Р-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	ПК-1, ПК-4, ПК-6	ПК-1,1 ПК-4.2 ПК-6.1
2	МЕТАЛЛОФЕРМЕНТЫ	Подготовка доклада по	ПК-1, ПК-4,	ПК-1,1

		выбранной теме научной сессии с элементами научной школы-конференции	ПК-6	ПК-4.2 ПК-6.1
3	ФОСФАТНЫЙ ПЕРЕНОС	Подготовка доклада по выбранной теме научной сессии с элементами научной школы-конференции	ПК-1, ПК-4, ПК-6	ПК-1,1 ПК-4.2 ПК-6.1
4	ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ КОМПЛЕКСОВ МЕТАЛЛОВ ЖИЗНИ	Подготовка доклада по выбранной теме научной сессии с элементами научной школы-конференции	ПК-1, ПК-4, ПК-6	ПК-1,1 ПК-4.2 ПК-6.1
5	НЕКОТОРЫЕ ПОРФИРИНОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ	Подготовка доклада по выбранной теме научной сессии с элементами научной школы-конференции	ПК-1, ПК-4, ПК-6	ПК-1,1 ПК-4.2 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*) – нет.

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 : Бином. 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 : Бином. 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. Неорганическая биохимия (под ред. Г. Эйхгорна) – М.: Мир, 1978, тт. 1 и 2.
2.

Сверено с НБ ИГУ

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
2. http:www.ksu.ru/chmku/docs/kn4_06.rtf
3. www.xenoid.ru/.../chem_books_download.php
4. 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/spc/archive.htm
7. 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

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	4
2	МЕТАЛЛОФЕРМЕНТЫ	Научная сессия	Групповая дискуссия / доклад, презентация, опрос	4
3	ФОСФАТНЫЙ ПЕРЕНОС	Научная сессия	Групповая дискуссия / доклад, презентация, опрос	2
4	ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ КОМПЛЕКСОВ МЕТАЛЛОВ ЖИЗНИ	Научная сессия	Групповая дискуссия / доклад, презентация, опрос	2
5	НЕКОТОРЫЕ ПОРФИРИНОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ	Научная сессия	Групповая дискуссия / доклад, презентация, опрос	4
Итого часов				**16**

VIII.ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Оценочные средства (ОС):

Оценочные материалы 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	ПК-1, ПК-4, ПК-6
2	Оценка качества научного доклада и ответов на вопросы по докладу	МЕТАЛЛОФЕРМЕНТЫ	ПК-1, ПК-4, ПК-6
3	Оценка качества научного доклада и ответов на вопросы по докладу	ФОСФАТНЫЙ ПЕРЕНОС	ПК-1, ПК-4, ПК-6
4	Оценка качества научного доклада и ответов на вопросы по докладу	ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ КОМПЛЕКСОВ МЕТАЛЛОВ ЖИЗНИ	ПК-1, ПК-4, ПК-6
5	Оценка качества научного доклада и ответов на вопросы по докладу	НЕКОТОРЫЕ ПОРФИРИНОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ	ПК-1, ПК-4, ПК-6

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

Индикаторы достижения компетенции	**Результаты обучения (знать, уметь, владеть)**	**Процедура оценивания**
ПК-1.1 Собирает информацию, необходимую для решения задач исследования, поставленных специалистом более высокой квалификации	**Владеет:** 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.	Выступление с докладом и ответы на вопросы по докладу
ПК-4.2 Применяет при обработке		

данных стандартное и оригинальное программное обеспечение в соответствии с действующими технологическими регламентами		
ПК-6.1 Знает теоретические основы базовых химических дисциплин (неорганической, органической, аналитической, физической химии) и способы их использования при решении конкретных химических задач	**Знает**: основы бионеорганической химии как продукта симбиоза современных неорганической и координационной химии, биохимии и энзимологии. **Умеет:** 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.

Для получения зачета по дисциплине необходимо: обеспечить необходимую посещаемость лекционной части курса (не менее 40 % всех лекций, или 40 баллов по 100-балльной шкале); выступить с 1 докладом и минимум 1 оппонированием на учебно-научной конференции (практическая часть курса) на уровне оценки «зачтено» (см. ниже).

Критерии оценивания для получения зачёта:

Оценка «не зачтено»

фрагментарное знание предмета, отсутствие умений и навыков применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных задач (менее 40 баллов по 100-балльной шкале или оценки «удовлетворительно»).

Оценка «зачтено»

в целом, сформированные, возможно, содержащие отдельные пробелы знания предмета, умение применять методы и подходы изучаемой дисциплины при решении учебных задач с минимальным количеством ошибок непринципиального характера, наличие навыков применения методов и подходов изучаемой дисциплины при решении учебных задач (40 и более баллов или оценка «удовлетворительно» и выше).

Разработчик: _____ д.х.н, профессор А. Ю. Сафронов

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

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и неорганической химии «09» июня 2026 г., протокол № 6.

Зав. кафедрой _____ /А. Ю. Сафронов/

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