

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Химический институт им. А.М. Бутлерова



*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Биокоординационные соединения

Направление подготовки: 04.03.01 - Химия

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (профессор) Улахович Н.А. (Кафедра неорганической химии, Химический институт им. А.М. Бутлерова), Nikolay.Ulakhovich@kpfu.ru

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-6	способностью работать в коллективе, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
ОК-7	способностью к самоорганизации и самообразованию
ОПК-1	способностью использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач
ОПК-3	способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ПК-3	владением системой фундаментальных химических понятий

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

на молекулярном уровне механизм взаимодействия биометаллов с биолигандами, а также общие закономерности реакция комплексообразования.

Должен уметь:

моделировать биологические и биохимические процессы с участием координационных соединений.

Должен владеть:

навыками применения результатов биокоординационной химии в токсикологии, медицине, диагностике заболеваний и создании новых лекарственных препаратов

Должен демонстрировать способность и готовность:

применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных (ПК-3).

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.16 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 04.03.01 "Химия (не предусмотрено)" и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе в 8 семестре.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 36 часа(ов), в том числе лекции - 36 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 36 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 8 семестре.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение в биокоординационную химию.	8	2	0	0	2
2.	Тема 2. Понятие о координационных соединениях.	8	2	0	0	2
3.	Тема 3. Координационные соединения с порфиринами.	8	2	0	0	2
4.	Тема 4. Координационная химия гемоглобина и миоглобина.	8	2	0	0	2
5.	Тема 5. Связь кислород-железо.	8	2	0	0	2
6.	Тема 6. Роль аминокислотных остатков белка в окружении гема.	8	2	0	0	2
7.	Тема 7. Цитохромы b и c.	8	2	0	0	2
8.	Тема 8. Клеточное окисление.	8	2	0	0	2
9.	Тема 9. Макрогетероциклические пигменты, участвующие в процессе фотосинтеза.	8	2	0	0	2
10.	Тема 10. Ферропротопорфирины.	8	2	0	0	2
11.	Тема 11. Корриноиды.	8	2	0	0	2
12.	Тема 12. Биокоординационная химия меди.	8	2	0	0	2
13.	Тема 13. Биокоординационная химия цинка.	8	2	0	0	2
14.	Тема 14. Связь между координацией иона металла и пептидазной активностью в карбоксипептидазе.	8	2	0	0	2
15.	Тема 15. Молекулярная структура и область активного центра карбоангидразы.	8	2	0	0	2
16.	Тема 16. Структура и реакционная способность металлофлавиновых комплексов.	8	2	0	0	2
17.	Тема 17. Взаимодействие ионов металлов с нуклеиновыми кислотами и составляющими их мономерами.	8	2	0	0	2
4.2	<b>Содержание дисциплины (модуля)</b>					
18.	Тема 18. Введение в биокоординационную химию. Биокоординационная химия (БКХ) находится на границе между биоорганической и бионеорганической химии. В задачи БКХ входит: изучение на молекулярном уровне взаимодействия металлов с биолигандами, моделирование биологических и биохимических процессов, использование результатов БКХ в медицине, создание новых препаратов и установление механизма их действия. Применение координационных соединений в качестве лекарственных препаратов. Причины биологической активности координационных соединений. Металлсодержащие антибиотики. Макро- и микроэлементы. Биометаллы и биолиганды. Содержание микроэлементов в живых организмах.	8	2	0	0	2

**Тема 2. Понятие о координационных соединениях.**

Определение координационного соединения. Центральный атом (комплексобразователь) акцептор, лиганды - доноры электронов. При образовании координационного соединения возникает донорно-акцепторная связь. Координационное соединение может быть электронейтральным, иметь положительный заряд (комплексный катион) или отрицательный (комплексный анион). Ступенчатая диссоциация лигандов. Координационные полиэдры. Хиральность. Классификация координационных соединений ( по типу центрального атома, по заряду центрального атома, по типу координируемых лигандов, по характеру связывания). Важнейшие типы биоккомплексов. Общие характеристики биоккомплексов.

### Тема 3. Координационные соединения с порфиринами.

Порфириновые соединения и их лиганды. Структура порфиринов из природных гемов. Влияние структуры порфиринов на их свойства. Важнейшим свойством порфиринов является наличие в молекуле координационной полости, ограниченной атомами азота (N4). Образование ферропротопорфирина (гема), который представляет собой плоский цикл (макроцикл). Гемоглобин - это продукт присоединения гема к особому белку (глобину). Порфириновый цикл содержит также хлорофилл - координационное соединение магния. Отличие гема от хлорофилла. Виды хлорофилла. Кроме типичных для порфирина четырех пиррольных колец в структуру входит пятый цикл, содержащий атом водорода, карбонильную группу и карбометоксильную группу.

### Тема 4. Координационная химия гемоглобина и миоглобина.

Железопорфириновые комплексы гемоглобина и миоглобина с лигандами в шестом координационном положении в первом приближении имеют октаэдрическую конфигурацию. Остаток гистидина и кислород или другой шестой лиганд занимают аксиальное положение. Влияние  $\pi$ -взаимодействия на величину расщепления уровней в гемоглобине и миоглобине. При отсутствии кислорода атом Fe(II) в гемоглобине имеет координационное число 5, связан прочной донорно-акцепторной связью с четырьмя координирующими атомами азота протопорфирина и одной менее прочной связью с третичным атомом азота проксимального имидазольного фрагмента гистидина. Координационный узел Fe(N)4NIm представляет собой квадратную пирамиду с атомом железа, удаленным от основания пирамиды на 0.05 - 0.08 нм. Шестое координационное место не в состоянии занять ни один имеющийся поблизости лиганд, кроме молекулярного кислорода.

### Тема 5. Связь кислород-железо.

Молекула O<sub>2</sub> вызывает оксигенирование гемоглобина иона железа(II). При этом комплекс Fe(N)4NIm из высокоспинового пирамидального состояния переходит в низкоспиновое октаэдрическое искаженное состояние с координационным узлом Fe(N)4NIm(O<sub>2</sub>). Под влиянием кристаллического поля лигандов (Im и O<sub>2</sub>) t<sub>2g</sub> e<sub>g</sub> - конфигурации Fe(II) превращается в t<sub>62g</sub>e<sub>0g</sub>. На вакантные e<sub>g</sub> - орбитали переходят сигма-электронные пары имидазола и кислорода. Молекула O<sub>2</sub> связывается в шестом координационном месте с Fe(II) также за счет дативной  $\pi$ -связи. Координированный ион железа предоставляет пару электронов, находящуюся на его d<sub>xz</sub> (или d<sub>xz</sub>)-орбитали, на вакантную (разрыхляющую) p<sub>z</sub>-орбиталь молекулы кислорода.

### Тема 6. Роль аминокислотных остатков белка в окружении гема.

Аминокислотные остатки, расположенные вблизи активного центра (в шестом координационном положении гема), обеспечивают гидрофобное окружение этого центра, ограничивают объем и обеспечивают должную ориентацию лиганда при взаимодействии с гемосодержащими белками. Замещение лиганда в шестом координационном положении должно вызвать структурные изменения в миоглобине. Атом железа был зафиксирован примерно на расстоянии 0.3 А над плоскостью порфиринового кольца со стороны проксимального гистидина. Относительная независимость спинового состояния комплекса в миоглобине от положения железа над плоскостью гема вызвана влиянием белка-глобина. Различия в химических сдвигах у дезоксимиоглобина и оксимиоглобина свидетельствуют о том, что имеются небольшие изменения в положении отдельных атомов у различных алифатических и ароматических аминокислотных остатков в области, расположенной вблизи гема. В отличие от миоглобина физиологические функции гемоглобина, заключающиеся в эффективном потреблении и расходовании кислорода, делают необходимым наличие у этого белка кооперативного характера и процесса связывания кислорода и механизма изменения сродства к кислороду.

### Тема 7. Цитохромы b и c.

Железопорфирины разных типов, соединяясь с белками, дают начало группе хромопротеидов, объединенных под общим названием цитохромы ("цитохром" означает клеточная окраска). Важным этапом обмена вещества (метаболизма) является отщепление от пищевых веществ водорода, которые переходят в ионное состояние, а освободившиеся электроны поступают в дыхательную цепь. В этой цепи, переходя от одного соединения к другому, они отдают свою энергию на образование богатых энергией молекул аденозинтрифосфорной кислоты, а сами присоединяются к молекуле кислорода. Цитохромы обычно делят на три класса a, b, c. Цитохром c. В этом соединении порфириновое кольцо, содержащее железо(II) в центре, связано с белком за счет ковалентных связей атомов кольца с остатком цистеина в молекуле белка. С кислородом цитохром c не реагирует, поскольку у него шестое координационное место занято аминокислотным остатком метионина только они окисляются молекулярным кислородом.

### Тема 8. Клеточное окисление.

В цепи переноса электронов цитохром с передает электроны цитохромам а и а<sub>3</sub>. Из всех цитохромов только они окисляются молекулярным кислородом. Эта система завершает цепь цитохромов и носит название цитохромоксидазы, которая представляет собой сложный белковый комплекс, содержащий два атома меди и две молекулы уникального гема А. Молекула цитохромоксидазы обладает внутренней симметрией, имея реакционный центр, к которому ферроцитохром доставляет электроны и к которому присоединяется молекула кислорода. Этот центр включает как гемы, так и атомы меди. В цитохромоксидазе центр представляет биядерный комплекс, в котором два атома меди связаны через бидентатный остаток цистеина. Каждый атом меди координирует гетероциклический атом азота имидазола.

### **Тема 9. Макрогетероциклические пигменты, участвующие в процессе фотосинтеза.**

Хлорофиллы ? это группа пигментов, содержащихся в живых организмах, способных к фотосинтезу. Они распространены в растениях. Эти вещества сильно поглощают свет. Действуют как фоторецепторы на начальных стадиях превращения световой энергии в процессе фотосинтеза. Число хлорофиллов в природе невелико. Наиболее широко распространенным представителем этого класса пигментов является хлорофилл а. Он найден во всех растениях, образующих кислород в процессе фотосинтеза. Хлорофилл является существенной частью биологического аппарата для использования энергии света. Все хлорофиллы, участвующие в фотосинтезе, являются координационными соединениями магния. В то время как порфирины, функционирующие как простетические группы гемоглобинов, цитохромов, каталаз и пероксидаз, представляет собой комплексы переходных металлов, хлорофиллы содержат ион одного и того же металла - магния. Характерным свойством хлорофилла является его способность образовывать донорно-акцепторные комплексы как за счет самоконденсаций, так и за счет взаимодействия с посторонними донорами или лигандами.

### **Тема 10. Ферропротопорфирины.**

Электронная структура и реакционная способность биокомплексов металлов. Общие характеристики биокомплексов и их классификация. Сидерохромы ? транспортные формы железа. Комплексы щелочных металлов ? ионофоры. Модели ионофоров и синтетические макроциклические лиганды. Металлопротеины. Модели металлоферментов. Характер действия ионов металлов и анионов на каталитическую активность ферментов. Типы взаимодействия фермента с ионами металла и лигандом. Активирующее влияние катионов металлов.

### **Тема 11. Корриноиды.**

Биологический синтез и распад корриноидов. Витамин В<sub>12</sub> (цианкобаламин) и кофермент витамина В<sub>12</sub> (аденозилкобаламин). Основные химические свойства. Ион кобальта(II) помещается в центре корринового цикла, похожего на порфириновый. Комплекс витамина В<sub>12</sub> содержит два пиррольных цикла соединены непосредственно друг с другом, а другая пара пиррольных ядер соединена через группу СН, т.е. так, как у порфириновых колец. Октаэдрическая координация кобальта в корриноидах. Искажения октаэдра в структуре кофермента. Влияние аксиальных лигандов на свойства корриноидов кобальта. Цис- и транс-влияние аксиальных лигандов на термодинамические параметры и на кинетику процессов с участием корриноидов кобальта. Кобальт(II) и кобальт(I) корриноиды. В природном коферменте вместо CN- группы содержится остаток дезоксиаденозина. Участие метилкобаламина в процессах метилирования.

### **Тема 12. Биокоординационная химия меди.**

Координационное соединение меди(II) (гемоцианин) участвует в переносе кислорода и электронов. Строение координационного узла гемоцианина. В дезоксигемоцианине атом меди(II) имеет координационное число 3 и пирамидально координирует три остатка гистидина. После присоединения молекула кислорода образует две мостиковые связи, соединяющие два атома меди. Остатки белка значительно сближаются. Атомы меди при этом становятся пятикоординированными. Переносчиками электронов являются также медные белки, содержащие медь(I), остатки тиолатных групп, имидазол и цистеин (платоцианин). В платоцианине присутствует плоский комплекс меди(I) с координационным числом 3. При координации четвертого лиганда (содержащего донорный атом серы) координационное число меди повышается до 4, а координационное соединение преобразуется в тетраэдр. В цитохромоксидазе центр фермента представляет биядерный комплекс, в котором два атома меди связаны через бидентатный остаток цистеина, причем каждый атом меди координирует гетероциклический атом азота имидазола. При одноэлектронном окислении этой формы образуется парамагнитный комплекс, в котором неспаренный электрон принадлежит обоим атомам меди.

### **Тема 13. Биокоординационная химия цинка.**

Ионы цинка образуют координационные соединения с лигандами, содержащими донорные атомы кислорода и азота. Цинк входит в состав активного центра многих важных ферментов (карбангидраза, карбоксипептидаза, алкогольдегидрогеназа). Строение активного центра карбоксипептидазы. Активный центр содержит большое число аминокислотных остатков. Ион цинка связан с двумя остатками гистидина и глутаминовой кислоты. Активный центр фермента затрагивает четверть всей молекулы и включает ион цинка(II) и его лиганды, карман, заключающий в себя активный центр, канал связывания субстрата и прилегающие обрести. Длины связей металл-лиганд координационного центра карбоксипептидазы сопоставимы с длинами связей для комплексов цинка с аминокислотами. Геометрия координации цинка близка к тетраэдрической.

### **Тема 14. Связь между координацией иона металла и пептидазной активностью в карбоксипептидазе.**

Роль ионов цинка(II) в механизме гидролиза пептидов под действием карбоксипептидазы. Цинк-гидроксильный и цинк-карбонильный механизмы. Влияние замещения цинка в карбоксипептидазе на другие металлы. Меньшая специфичность иона металла по сравнению с гемовыми структурами. Структура кристаллического фермента. Взаимосвязь между координационным окружением и d-электронной конфигурацией металла и пептидазной активностью. Координация иона металла в карбоксипептидазе с атомом кислорода карбонильной группы субстрата поляризует связь C=O карбонильной группы.

#### **Тема 15. Молекулярная структура и область активного центра карбоангидразы.**

Активный центр карбоангидразы C, содержащий ион цинка(II), находится в большой гидрофобной полости. Ион цинка(II) находится почти в центре молекулы и расположен на расстоянии примерно 1500 пм от поверхности белка. Три лиганда, координированных ионом цинка(II), происходят от П- структуры: атомы азота имидазольных колец, гистидина-93 и гистидина-95, атом азота гистидина-117. Четвертым лигандом в тетраэдрическом комплексе является молекула воды. Замещение иона цинка вызывает значительное искажение области активного центра. Координационные позиции марганца(II), кобальта(II), меди(II) и ртути(II) с позициями цинка(II) в карбоангидразе C.

#### **Тема 16. Структура и реакционная способность металлофлавиновых комплексов.**

Установление структуры возможных комплексов флавина с металлами. Их устойчивость и физические свойства. Гетероцикл флавина может координировать ионы металлов по нескольким положениям. Для того, чтобы получить комплексы флавохинона с "жесткими" или "умеренно мягкими" ионами металлов, необходимо использовать неводные среды. Для этого применяют липофильные производные флавина. Роль флавина в биохимических окислительно-восстановительных процессах. Флавин реагирует с комплексами металлов по одноэлектронному механизму. Флавопротеины, имеющие в качестве акцептора железосодержащий белок.

#### **Тема 17. Взаимодействие ионов металлов с нуклеиновыми кислотами и составляющими их мономерами.**

. Гетероциклические основания содержат электронодонорные атомы азота и кислорода, являющиеся центрами координации атомов металлов. Нуклеозиды содержат гидроксильные группы рибозы, а нуклеотиды имеют фосфатные группы, способные к координации. Термодинамика реакций металлов с различными центрами связывания. Устойчивость комплексов металлов с основаниями (нуклеозидами и нуклеотидами). Структура координационных соединений металлов с нуклеозидами и нуклеотидами. Взаимодействие ДНК с ионами металлов. Ионы металлов и репликация ДНК. Ионы металлов и транскрипция. Ионы металлов и трансляция. Взаимодействие ДНК с комплексами металлов, обладающими противоопухолевой активностью. Ионы металлов, присутствующие в клетке, взаимодействуя с ДНК, определяют ее пространственную структуру, макроскопические и биохимические свойства. Ионы металлов не только стабилизируют структуру ДНК, но и определяют равновесие между различными ее формами, влияют на переходы спираль-клубок.

#### **Тема 18. Лекарственные препараты на основе координационных соединений металлов.**

Контрольная работа

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

### **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

## **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

База данных. Химический каталог. Металлоферменты -

[http://www.ximicat.com/ebook.php?file=bender\\_bio.djv&page=56](http://www.ximicat.com/ebook.php?file=bender_bio.djv&page=56)

Бионеорганическая химия - <http://www.chem.msu.su/rus/teaching/dobrinina/all.pdf>

Бионеорганическая химия. Фонд знаний - <http://www.lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:01342:article>

Взаимодействие металлов с биомолекулами - <http://biomolecula.ru/>

Основные направления исследований биокоординационных соединений в Бионеорганической химии -

<http://www.bsu.by/Cache/pdf/363423.pdf>

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Учеба в университете - новый, очень ответственный и важный период в вашей жизни, требующий упорного, настойчивого, систематического труда. В процессе обучения студенты получают конкретные знания, умения, навыки, развивают свои творческие способности, формируют научное мировоззрение.

Задача ВУЗа - сформировать специалиста высокой квалификации по избранной профессии. Эта задача определяет содержание, формы и методы обучения. В ВУЗе студент более глубоко изучает определенные предметы, знание которых необходимо для овладения конкретной специальностью. Особенно важно научиться понимать закономерности сложных явлений, размышлять над поставленной задачей, самостоятельно прорабатывать литературу по изучаемому вопросу.

В высшем учебном заведении студент встречается с новыми для него формами обучения: лекциями, семинарскими, практическими, лабораторными занятиями, консультациями, коллоквиумами, курсовыми и дипломными работами. Основной теоретический материал предмета обычно дается в часы лекционных занятий. На лекциях преподаватель систематически и последовательно раскрывает содержание научной дисциплины, вводит в круг научных интересов, ставит вопросы для исследования. В ВУЗе нельзя ограничиться регулярным посещением лекций и практических занятий, так как центр тяжести в усвоении знаний, в формировании умений и навыков лежит в вашей последующей самостоятельной работе. Студенты должны постоянно готовиться к лекциям, семинарским, практическим и лабораторным занятиям. В этой работе могут помочь учебники, список которых преподаватель называет на первых занятиях. Помимо рекомендуемой литературы, лектор дает про-грамму дисциплины, в которой изложены основные разделы и вопросы для контроля знаний.

## Лекция.

Лекция - устное систематическое и последовательное изложение материала по изучаемой дисциплине. Лекция закладывает основы научных знаний, знакомит с основными современными научно-теоретическими положениями, с методологией данной науки. Лекция - основа для дальнейшей самостоятельной работы. На лекции осуществляется общение студенческой аудитории с высококвалифицированными лекторами, учеными, педагогами, специалистами в определенной отрасли науки. Лекция вызывает эмоциональный отклик слушателей, развивает интерес и любовь к будущей профессии.

Лектор использует на лекциях не только материал учебников, но и привлекает много дополнительных сведений, изложенных в научных работах (монографиях или статьях) или в его собственных исследовательских трудах. Студент первого курса не в состоянии глубоко осмыслить весь представленный в лекциях материал, не посещая лекционных занятий. Поэтому особенно на первом курсе важно не про-пускать лекции, готовиться к ним (заранее посмотреть тему лекции, почитать учебники, отметить для себя ключевые моменты, составить вопросы лектору) и напряженно, активно работать в течение всего учебного занятия. В чем заключается работа студента на лекции? Прежде всего, в четкой организованности своей деятельности. Старайтесь не опаздывать на лекцию: в первые минуты занятий объявляется тема, план лекции. Слушание лекции требует напряженного, сосредоточенного внимания, поэтому надо приготовиться к записи до начала занятий. Чтобы легче запомнить излагаемый материал, необходимо его понять, разобраться в системе научных понятий, которую дает лектор. Пути изложения в лекции могут быть различными. Иногда преподаватель выбирает индуктивный путь, т.е. вначале излагает конкретные факты, обобщает их, раскрывает сущность понятия, дает его определение. Другой путь образования понятий - дедуктивный: лектор вначале определяет научное понятие, а потом дает объяснения, приводит конкретный фактический материал. Если уловить путь изложения материала, то становится легче понять мысль преподавателя и проникнуть в содержание лекции. Обращайте внимание на определение понятий. Рекомендуется для их усвоения составлять глоссарий (сло-варь).

Исследования психологов показали, что большое значение в понимании, запоминании и использовании лекционного материала имеет внутреннее состояние человека, его эмоциональное отношение к лекции. Усталость, подавленное настроение, вялость - затрудняют восприятие материала. Напротив, бодрость, деловой настрой, готовность к работе способствуют более четкому и ясному восприятию его. Во время слушания лекций должна быть психологическая установка на запоминание основных идей лекции. Таким образом, слушание лекций - это сложный психологический процесс, в который вовлечена вся личность слушающего: его сознание, воля, память, эмоции. Это не пассивное состояние человека, а напротив, состояние активной, напряженной деятельности.

Слушание учебной лекции - это необходимое, но не достаточное условие сознательного и прочного усвоения знаний. Лекцию необходимо записать - только тогда лекция станет источником для дальнейшей самостоятельной работы, работы с учебниками и научной литературой. Конспектирование лекции - это сложное дело, требующее умений и опыта. Не огорчайтесь, если хорошо законспектировать лекцию вам сразу не удалось. Существуют некоторые типичные ошибки студентов-первокурсников в записывании лекций. Некоторые видят основную цель в том, чтобы записать лекцию полностью, слово в слово, не вдумываясь в содержание материала, опираясь только на свою память. И стоит забыть одно или несколько слов, как запись прерывается. Сплошная запись возможна только в том случае, если преподаватель диктует лекционный материал. Но диктовка делает изложение однообразным и утомительным, и методика высшей школы не рекомендует такой способ изложения. Стремление записать лекцию слово в слово отвлекает слушателя от обдумывания лекционного материала. Недаром студенты говорят, что трудно совместить и записать, и обдумывать. Постепенно такое умение придет, если вы будете стремиться к этому целенаправленно и постоянно.

Другие студенты, наоборот, записывают лекцию очень коротко, отдельными штрихами, так что их записи не могут быть материалом для повторения. В такой излишне краткой записи трудно разобраться уже некоторое время спустя. Для записи возьмите общую тетрадь и сделайте поля для различных заметок во время записи: например, знак восклицания (отметка особо важных моментов), знак вопроса (что-то не поняли, и знак напечатайте вам, что к данному положению надо вернуться) и т.п.

Каждой лекции присваивайте свой порядковый номер, чтобы знать, сколько лекций вмещает в себя данный курс и в случае пропуска лекции по уважительной причине, не забудьте потом восполнить этот пробел. Для каждой лекции записывайте тему, план и литературу (обязательную и дополнительную), рекомендованную преподавателем.

Сокращенная запись лекции требует умения отличать главный материал от второстепенного, иллюстративного, описательного. Точно, подробно вы записываете формулы, теоретические положения, закономерности, выводы, формулировки понятий. Лектор обычно создает условия для дословной записи основных положений: замедляет темп чтения, повторяет одну и ту же мысль несколько раз. Точно нужно делать зарисовки графиков, схем. Запись фактического, описательного материала делается коротко, лаконично. Иногда можно только назвать пример, факт, событие. Для того чтобы коротко записать несколько фраз, положений, надо стремиться найти главную мысль, главное слово, иногда заменить выражение лектора 'своими словами'.

Лекция записана. Встает вопрос: как работать с лекцией в дальнейшем, после первого ее восприятия? Отдельные студенты, пользуясь тем, что преподаватель на занятии далеко не всегда спрашивает материал предыдущей лекции, оставляют дальнейшую работу над лекционным материалом на будущее, может быть, на время сессии. И эта ошибка становится началом отставания в учебе. Для того чтобы лекция была усвоена сознательно и основные ее положения остались в памяти прочно, надолго, необходимо заниматься систематически, в течение всего семестра; лекцию же надо обязательно повторить в ближайшее время после ее первичного восприятия.

Перечитайте лекцию, сопоставьте материал лекции с материалом учебника, дополните пропущенное, продумайте те положения, которые остались непонятны. Кроме учебников, в работе над лекцией могут потребоваться различные справочные пособия: таблицы, словари, энциклопедические издания, электронные ресурсы. Работа над лекцией не только способствует глубокому, сознательному и прочному усвоению материала, но и готовит студента к восприятию следующей лекции. В таких предметах, как математик, физика, химия и др. каждую последующую тему лекции невозможно понять без знания предыдущей. Занимайтесь каждый день! Составляйте четкий режим дня, куда входили бы ежедневные 3-4 часа самостоятельных занятий для профильного предмета. Соблюдайте порядок на рабочем столе, чтобы каждая книга и тетрадь была у вас под рукой, и вы бы не тратили время на поиски нужных вам книг. Все это поможет вам установить систему самостоятельных учебных занятий, а это - залог успешной учебы в ВУЗе.

Рассмотрим некоторые приемы ускорения записей, которые вам помогут сэкономить время при конспектировании лекций. От сокращений нельзя отказываться даже если лектор говорит медленно; выработав свою систему и приобретя некоторый опыт, мы перестаем их замечать при чтении. Записывая не механически, мы стараемся осмыслить материал, а если что-то не понято - ставим на поле знак во-проса (?) и оставляем пустое место для последующего уточнения записи. Лектор при изложении материала пользуется всеми богатствами русского языка, а студент-там рекомендуем подменять длинные слова более короткими или более удобными для скорописи (напр., не эксперимент, а опыт; не дискуссия, а спор; не столетие, а век; не незамедлительно, а тотчас, сразу; не в некоторых случаях, а иногда), а бывает достаточно и одного тире. Вместо вводных слов лектора типа: 'Следует обратить особое внимание на следующее явление', студент ставит N.B.(от Nota bene (лат.), т.е. замечать хорошо) и записывает суть явления. Удобно использовать короткие слова также из латинского и иностранных языков.

Большинство лекций в настоящее время (в том числе лекции 'Техногенные системы и экологический риск') читаются в сопровождении презентаций: лектор показывает цветные слайды, где приведены основные определения, схемы и иллюстрации закономерностей, поясняющие примеры. Как правило, электронная версия иллюстраций лекций доступна студентам для лучшей подготовки к семинарским занятиям и экзамену. Но это ни в коем случае не отменяет обязанности студентов конспектировать текст лекций. Во-первых, на слайдах далеко не всегда приведены комментарии к рисункам и схемам - основная часть материала излагается лектором устно. Во-вторых, при конспектировании во время лекции участвуют одновременно слуховая, зрительная и механическая память - это позволит вам легче усвоить материал в течение учебного года и продемонстрировать знания на экзамене.

#### Методические указания к выполнению контрольной работы

Контрольная работа является одной из составляющих учебной деятельности студента по овладению знаниями. К ее выполнению необходимо приступить только после изучения тем дисциплины.

Целью контрольной работы является определения качества усвоения лекционного материала и части дисциплины, предназначенной для самостоятельного изучения.

Задачи, стоящие перед студентом при подготовке и написании контрольной работы:

1. закрепление полученных ранее теоретических знаний;
2. выработка навыков самостоятельной работы;
3. выяснение подготовленности студента к будущей практической работе.

Контрольные выполняются студентами в аудитории, под наблюдением преподавателя. Тема контрольной работы известна и проводится она по сравнительно недавно изученному материалу.

Преподаватель готовит задания либо по вариантам, либо индивидуально для каждого студента. По содержанию работа может включать теоретический материал, задачи, тесты, расчеты и т.п. выполнению контрольной работы предшествует инструктаж преподавателя.

Ключевым требованием при подготовке контрольной работы выступает творческий подход, умение обрабатывать и анализировать информацию, делать самостоятельные выводы, обосновывать целесообразность и эффективность предлагаемых рекомендаций и решений проблем, четко и логично излагать свои мысли.

Подготовку контрольной работы следует начинать с повторения соответствующего раздела учебника, учебных пособий по данной теме и конспектов лекций.

#### **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

### **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

### **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 04.03.01 "Химия" и профилю подготовки "не предусмотрено".

### Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 04.03.01 - Химия

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

#### Основная литература:

1.Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия [Электронный ресурс] : учебник. ? Электрон. дан. ? СПб. : Лань, 2014. ? 744 с. ? Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=50684](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=50684)

2.Металлы в живых организмах: Учебное пособие / Н.А.Улахович, Э.П.Медянцева, С.С.Бабкина, М.П.Кутырева, А.Р.Гатаулина. - Казань: Казанский университет, 2012. - 103 с.

3. Улахович Н.А., Медянцева Э.П., Бабкина С.С., Кутырева М.П., Гатаулина А.Р. Металлы в живых организмах. [Электронный ресурс]. - 2012.(Учебное пособие для лекционного курса 'Основы бионеорганической химии')  
Режим доступа:

<http://kpfu.ru/docs/F618940371/%CC%E5%F2%E0%EB%EB%FB%20%E2%20%E6%E8%E2%FB%F5%20%EE%F0%E3%E0>

#### Дополнительная литература:

1. Киселев Ю.М., Добрынина Н.А. Химия координационных соединений . М.: изд-во 'Академия', 2007. - 352 с.

2. Третьяков Ю.Д. Неорганическая химия. Химия элементов. Т. 1 / Ю.Д.Третьяков, Л.И.Мартыненко, А.Н.Григорьев, А.Ю.Цивадзе. - М.: Изд-во МГУ, ИКЦ 'Академкнига', 2007. - 537 с.

3. Биохимия : Учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению 655500 'Биотехнология' / В.П. Комов, В.Н. Шведова .? М. : Дрофа, 2004 .- 639 с.

4. Неорганическая химия: в 3 т.: учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению 510500 'Химия' и специальности 011000 'Хими / [А. А. Дроздов, Ю. Д. Третьяков]; под. ред. Ю. Д. Третьякова. Москва: Академия, 2004- Т.1: Физико-химические основы неорганической химии. 2004. - 233 с.

5. Комплексы металлов : учебное пособие для лекционного курса 'Химия комплексных соединений'. Казань : [Казанский университет], 2014 . - 97 с.

6. Федотов М.А. Ядерный магнитный резонанс в неорганической и координационной химии. Растворы и жидкости[Электронный ресурс]. - М.: Физматлит, 2010. - 384 с.

Режим доступа:[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2151](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2151)

Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.16 Биокоординационные соединения

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 04.03.01 - Химия

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.