

Учреждение образования  
«Белорусский государственный технологический университет»

**УТВЕРЖДАЮ**

Ректор БГТУ, профессор

\_\_\_\_\_ И.М. Жарский

\_\_\_\_\_ /баз.  
Регистрационный № УД-\_\_\_\_\_ /баз.

**НЕОРГАНИЧЕСКИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА**

**Учебная программа учреждения высшего образования по учебной  
дисциплине для специальностей:**

**1-48 02 01 Биотехнология;**

**1-48 02 02 Технология лекарственных препаратов;**

**1-57 01 03 Биоэкология**

## **СОСТАВИТЕЛЬ:**

*И.И. Курило* – заведующая кафедрой общей и неорганической химии учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат химических наук, доцент

## **РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

*Т.Н. Воробьева* – профессор кафедры неорганической химии учреждения образования «Белорусский государственный университет», доктор химических наук, профессор

*В.Н. Леонтьев* – заведующий кафедрой биотехнологии и биоэкологии учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет», кандидат химических наук, доцент.

## **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой общей и неорганической химии учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № 11 от 22.05.14 г.);

Учебно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет» (протокол № \_ от \_\_. \_\_. 2014 г.)

## **ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

Учебная программа разработана в соответствии с образовательными стандартами высшего образования специальностей: 1-48 02 01 «Биотехнология»; 1-48 02 02 «Технология лекарственных препаратов»; 1-57 01 03 «Биоэкология» и учебными планами вышеперечисленных специальностей..

### **Актуальность изучения дисциплины в вузе и ее роль в профессиональной подготовке выпускника**

Дисциплина «Неорганические биологически-активные вещества» – сравнительно молодая научная дисциплина, возникшая на стыке неорганической, бионеорганической и биофизической химии. Знание химических свойств и биологической роли неорганических веществ помогает в рассмотрении и анализе биохимических процессов, стимулирует поиск и разработку новых бионеорганических материалов, лекарственных препаратов, технологических процессов переработки сырьевых ресурсов биологического происхождения для получения биоэнергосителей, ферментов, витаминов, продуктов брожения, эфирных масел, жиров и других видов продукции технического, пищевого и парфюмерно-косметического назначений.

Программа дисциплины «Неорганические биологически-активные вещества» составлена так, чтобы в максимально возможной степени содействовать формированию высококвалифицированных специалистов в области биотехнологии, биоэкологии, технологии лекарственных препаратов, способных оперативно решать сложные практические и экологические задачи современных химических биотехнологий, разрабатывать новые материалы, оценивать экономичность и экологическую безопасность производства.

### **Цели и задачи учебной дисциплины**

Целью дисциплины «Неорганические биологически-активные вещества» является приобретение студентами глубоких систематизированных знаний в области химии неорганических биологически-активных веществ, направленных на развитие у них профессиональной компетентности.

Задачи дисциплины «Неорганические биологически-активные вещества»:

– формирование научного мировоззрения по вопросам единства и взаимосвязи живой и неорганической материи посредством приобретения системы знаний о распространении, роли, механизмах функционирования и влиянии структурных факторов на биохимические свойства различных химических форм элементов Периодической системы Д.И. Менделеева в живой природе;

– формирование умений применять химические законы и знания закономерностей протекания процессов с участием биологически активнвх

неорганических веществ, использовать методы физико-химических расчетов, проводить химический эксперимент.

### **Требования к уровню освоения содержания учебной дисциплины**

После изучения дисциплины «Неорганические биологически-активные вещества» студенты должны

#### ***знать:***

- периодический закон как основу биогенной систематики неорганических веществ;
- биогенную классификацию химических элементов;
- биогенную роль, свойства, реакционную способность *s*-, *p*-, *d*- и *f*-элементов и их соединений;
- экологически безопасные и энергоэффективные способы синтеза неорганических биологически-активных соединений;
- способы защиты окружающей среды от негативного воздействия некоторых токсичных неорганических веществ в технологических процессах;
- основные направления современных исследований в бионеорганической химии;

#### ***уметь:***

- использовать термодинамические характеристики веществ и реакций при выборе оптимальных условий осуществления технологических процессов; с участием биологически-активных неорганических соединений;
- осуществлять синтез биологически-активных неорганических соединений и проводить анализ их физико-химических свойств;
- использовать знания о биогенных свойствах веществ и способах их получения при выборе сырья для осуществления экологически безопасных технологических процессов;

#### ***владеть:***

- знаниями об основных свойствах биологически-активных неорганических веществ и способах их получения;
- навыками использования основных законов химии при решении конкретных задач химии неорганических биологически-активных веществ;
- навыками проведения химического эксперимента, основными методами получения и исследования неорганических биологически-активных веществ и химических реакций;
- принципами безопасного обращения с химическими веществами с учетом их физических, химических свойств и биохимического воздействия на объекты живой материи.

Подготовка специалиста должна обеспечивать формирование следующих групп компетенций: социально-личностных, академических, профессиональных.

Студент, освоивший соответствующую учебную программу, должен обладать следующими **социально-личностными компетенциями:**

- быть способным к социальному взаимодействию;

- обладать способностью к межличностным коммуникациям;
- быть способным к критике и самокритике.

Студент, освоивший соответствующую учебную программу, должен обладать следующими **академическими компетенциями**:

- уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- владеть исследовательскими навыками;
- уметь работать самостоятельно;
- быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью);
- владеть междисциплинарным подходом при решении проблем;
- иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
- уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.

Студент, освоивший соответствующую учебную программу, должен обладать следующими **профессиональными компетенциями**:

- пользоваться информационными ресурсами, нормативными документами, стандартами в области современных производственных процессов и технологий;
- работать с научной, нормативно-справочной и специальной литературой в области производства биологически-активных неорганических веществ, проводить патентно-информационные исследования по разрабатываемым технологиям;
- анализировать и оценивать достижения науки в области производства неорганических биологически-активных веществ;
- осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по вопросам инновационного развития;
- заниматься научно-исследовательской деятельностью в области химии и технологии неорганических материалов;
- планировать проведение эксперимента с последующей статистической обработкой экспериментальных данных и оптимизацией технологических процессов;
- проводить обработку, анализ и интерпретацию полученных результатов научных исследований для публикаций, презентаций, докладов, отчетов;
- проводить физические, химические, другие поддающиеся анализу испытания неорганических биологически-активных веществ и материалов.

### **Связь учебной дисциплины с предшествующими учебными дисциплинами**

Для усвоения дисциплины «Неорганические биологически-активные вещества» студентам необходимо знать:

- основные математические операции;
- основы термодинамики и молекулярной физики;
- дисциплину «Теоретические основы химии».

## Структура содержания учебной дисциплины

Учебные планы специальностей 1-48 02 01 «Биотехнология»; 1-48 02 02 «Технология лекарственных препаратов»; 1-57 01 03 «Биоэкология» предусматривают на изучение дисциплины «Неорганические биологически-активные вещества» максимально 262 часа, из них 108 – аудиторных. Рекомендуемые формы контроля знаний – зачет, экзамен.

По усмотрению кафедры изучение некоторых разделов программы может быть перенесено на занятия лабораторного практикума и включено в самостоятельную работу студентов по рекомендуемым учебным пособиям.

В соответствии с учебными планами предусмотрено следующее распределение аудиторных часов для специальностей:

№ п/ п	Специальность	Количество часов			
		всего аудио рных часов	из них		
			лекции	лабора- торные занятия	практи- ческие занятия
1	1-48 02 01 «Биотехнология»	108	56	52	–
2	1-48 02 02 «Технология лекарственных препаратов»	90	56	34	–
3	1-57 01 03 «Биоэкология»	108	56	34	18

## Примерный тематический план учебной дисциплины

Номер раздела, темы	Название раздела, темы, занятия	Количество аудиторных часов			
		лекции	лабораторные занятия		практические занятия
			специальность «Биотехнология»;	специальности «Технология лекарственных препаратов», «Биоэкология»	только для специальности «Биоэкология»
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
1	Введение	2			
<b>1. ОБЩЕТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b>					
1.1	Строение атома и химическая связь	4			
1.2	Биогенная классификация химических элементов	4			
1.3	Химические свойства и биологическая роль <i>s</i> -элементов и их соединений	4	8	6	2
1.4	Химические свойства и биологическая роль <i>p</i> -элементов и их соединений				
1.4.1	<i>p</i> - элементы III группы	4	8	4	2
1.4.2	<i>p</i> - элементы IV группы	4	4	4	2
1.4.3	<i>p</i> - элементы V группы	4	8	4	2
1.4.4	<i>p</i> - элементы VI группы	4	8	4	2
1.4.5	<i>p</i> - элементы VII группы	4			2
1.4.6	<i>p</i> - элементы VIII группы	2			2
1.5	Химические свойства и биологическая роль <i>d</i> -элементов и их соединений				2
1.5.1	<i>d</i> -элементы I–III групп	4	4	4	

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
1.5.2	<i>d</i> -элементы IV–V групп	3	4	4	
1.5.3	<i>d</i> -элементы VI–VII групп	3	4	4	
1.5.4	<i>d</i> -элементы VIII группы	4	4	4	
1.6	Химические свойства и биологическая роль <i>f</i> -элементов и их соединений	4			2
1.7	Взаимосвязь химических элементов с биологически активными веществами и системами организма человека	2			
<b>Всего часов</b>		<b>56</b>	<b>52</b>	<b>34</b>	<b>18</b>

# СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

## Введение

Предмет и задачи дисциплины «Неорганические биологически-активные вещества» и ее место среди других химических наук. Вопросы химии биогенных элементов. Распространенность химических элементов в живой и неживой природе. Миграция химических элементов: механическая, физико-химическая, биогенная, техногенная. Особенности миграции элементов в биосфере. Роль биологически-активных неорганических веществ в жизнедеятельности живых организмов, в создании биоматериалов, синтезе лекарственных и диагностических средств.

## 1. ОБЩЕТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 1.1 Строение атома и химическая связь

Модели строения атомов.

Периодический закон Д.И. Менделеева. Структура периодической системы. Изменение свойств элементов в соответствии с расположением их в периодической системе (вертикальная, горизонтальная периодичности).

Особенности заполнения орбиталей атомов электронами в главных и побочных подгруппах, в семействах актиноидов и лантаноидов; *s*-, *p*-, *d*-, *f*-элементы. Энергия ионизации как характеристика атомов. Радиусы атомов и ионов (орбитальные и эффективные), закономерности их изменения в периодической системе. Взаимосвязь электронной структуры атомов и их биогенной активности.

Предсказание свойств элементов и их соединений с использованием Периодического закона. Закономерности распределения и свойства биогенных элементов.

Химическая связь. Характеристики химической связи. Метод валентных связей. Метод молекулярных орбиталей. Пространственная структура молекул.

Природа химической связи в комплексных соединениях. Структура и свойства комплексных соединений. Биокомплексы металлов.

### 1.2 Биогенная классификация химических элементов

История развития представлений о биологически активных веществах. Предпосылки к естественной биогенной классификации химических элементов. Жизненно важные элементы, входящие в состав организмов. Биогенные элементы. Элементы первичной жизни на заре эволюции. Клеточный уровень жизни и макроэлементы. Микроэлементы: эволюционный аспект. Эссенциальные микроэлементы. Условно эссенциальные микроэлементы. Брэйн-элементы. Абиогенные элементы: нейтральные, конкурентные, агрессивные.

Токсичность неорганических веществ и механизмы поступления неорганических соединений в живые организмы. Источники поступления химических элементов в организм человека: питьевая вода, питание, воздушная среда, человеческая деятельность. Взаимосвязь химической формы, степени окисления, растворимости, рН среды, процессов комплексообразования, гидролиза и биоактивности соединений. Экологические аспекты и эффекты токсического действия неорганических веществ.

### **1.3 Химические свойства и биологическая роль s-элементов и их соединений**

Общая характеристика s-элементов.

Водород. Место водорода в периодической системе, общая характеристика, термическая диссоциация молекулы водорода; физические и химические свойства, лабораторные и промышленные способы получения. Гидриды, их классификация, способы получения, свойства. Общая характеристика водородных соединений неметаллов. Применение и биологическая роль водорода и его соединений.

Подгруппа лития. Общая характеристика элементов. Нахождение в природе, способы получения. Свойства; взаимодействие с кислородом, галогенами, водой и водородом.

Гидриды, их получение и свойства. Оксиды, пероксиды, надпероксиды, озониды, их получение и свойства. Гидроксиды; их свойства и методы получения. Соли, их свойства. Промышленные способы получения соды. Особенности химии лития и его соединений.

Применение s-элементов I группы. Пути поступления и содержание в живых организмах, ежедневная потребность, участие в биопроцессах (в том числе в процессах переноса ионов и органических лигандов, создания и поддержания осмотического давления).

Подгруппа бериллия и общая характеристика элементов. Отличие бериллия от остальных элементов подгруппы. Нахождение в природе.

*Бериллий.* Бериллий как простое вещество. Методы получения и свойства; оксид и гидроксид. Акцепторные свойства. Соли бериллия, их свойства; гидролиз. Применение бериллия и его соединений.

*Магний, кальций, стронций, барий, радий.* Методы получения свободных металлов; свойства. Гидриды, оксиды, пероксиды, гидроксиды, соли; методы получения и свойства. Карбонаты и гидрокарбонаты. Жесткость воды и способы ее устранения. Особенности магния и его соединений. Применение s-элементов II группы. Взаимозамещаемость кальция, стронция и бария как следствие особенностей электронного строения и близости физико-химических свойств. Токсичность бериллиевых и бариевых солей, обусловленная способностью ионов металлов к комплексообразованию.

## 1.4 Химические свойства и биологическая роль *p*-элементов и их соединений

Общая характеристика *p*-элементов. Главные макроэлементы: водород, углерод, азот, кислород, фосфор, сера и хлор. Микроэлементы: бор, фтор, кремний, селен, йод, мышьяк, бром.

### 1.4.1 *p*-элементы III группы

Общая характеристика *p*-элементов III группы.

Отличия бора и алюминия между собой и от других элементов подгруппы.

*Бор.* Нахождение в природе; способы получения. Элементарный бор. Физико-химические свойства бора. Соединения с водородом, их получение и свойства; электронодефицитные молекулы (диборан). Бориды. Боргидриды металлов; способы получения и свойства. Оксид бора; способы получения, строение и свойства. Борные кислоты; строение и свойства. Галогениды; их получение и свойства; строение молекул. Тетрафторборная кислота и ее соли.

*Алюминий.* Нахождение в природе; получение, свойства. Аллюмотермическое получение металлов. Оксид, его свойства и применение. Гидроксид, его получение и свойства. Аллюминаты. Галогениды, строение их молекул и свойства. Аллюмосиликаты. Общая характеристика солей алюминия, их растворимость, гидролиз. Комплексные соединения. Квасцы. Гидрид. Аллюмогидриды металлов. Карбид, нитрид.

*Галлий, индий, таллий.* Общая характеристика металлов. Методы получения. Сопоставление их свойств со свойствами алюминия. Соединения таллия (I).

Биологическая роль *p*-элементов III группы, их применение в промышленности и медицине.

### 1.4.2 *p*-элементы IV группы

Подгруппа углерода. Общая характеристика элементов. Отличие свойств углерода и кремния от свойств других элементов подгруппы.

*Углерод.* Нахождение в природе. Аллотропия. Строение и свойства графита, алмаза, фуллерена и карбина. Активированный уголь, его адсорбционные свойства. Химические свойства углерода.

Углеводороды. Карбиды металлов, методы их получения; классификация; зависимость свойств от характера химической связи.

Кислородные соединения. Оксид углерода (II), строение молекулы (метод валентных связей и метод молекулярных орбиталей) и свойства, лабораторные и промышленные способы получения. Генераторный и водяной газы. Монооксид углерода как восстановитель. Карбонилы металлов, строение, свойства, их получение. Оксид углерода (IV), строение

молекулы, свойства, получение и применение, окислительные свойства при высоких температурах. Угольная кислота и ее соли. Строение карбонат-иона. Растворимость, термическая устойчивость и гидролизуемость карбонатов и гидрокарбонатов. Соединения с серой, сероуглерод, способы получения и свойства.

Соединения с азотом. Дициан, способы получения, строение молекулы и свойства, Синильная кислота и цианиды, их получение и свойства. Комплексные соединения, содержащие цианид-ион. Роданистоводородная кислота и ее соли; получение и свойства.

Биологическая роль и применение углерода и его неорганических соединений в промышленности и медицине.

*Кремний.* Общая характеристика соединений. Нахождение в природе, методы получения кремния, его структура и свойства.

Оксиды кремния. Кварц, его структура и свойства. Кварцевое стекло. Кремниевые кислоты. Силикагель. Растворимое стекло. Общие сведения о строении, свойствах и получении различных видов стекла и керамики.

Силикаты и алюмосиликаты. Кремнекислородный тетраэдр – основа структуры кристаллических решеток силикатов. Понятие о различных типах кристаллических решеток силикатов. Ситаллы. Цеолиты.

Водородные соединения кремния, методы получения и свойства. Сопоставление свойств силанов и углеводов. Силициды металлов. Понятие о кремнийорганических соединениях. Силиконы. Соединения с галогенами, их получение и свойства, строение их молекул, гидролиз. Гексафторосиликат водорода (кремнефтористоводородная кислота), получение и свойства. Карбид кремния, его свойства и получение.

Биологическая роль и применение кремния и его соединений.

*Германий, олово, свинец.* Общая характеристика элементов, нахождение в природе. Полиморфные модификации олова. Химические свойства германия, олова и свинца.

Соединения с водородом. Сопоставление их свойств со свойствами водородных соединений углерода и кремния.

Оксиды германия, олова и свинца (II), (IV), химические свойства и методы получения, солеобразные оксиды свинца. Гидроксиды германия (II), олова (II) и свинца (II), их получение и свойства. Гидроксиды германия (IV), олова (IV) и свинца (IV). Германаты, станнаты и плюмбаты, их свойства. Галогениды германия, олова и свинца. Гидролиз соединений германия, олова и свинца. Сульфиды германия, олова и свинца, их получение и свойства. Получение и свойства.

Сопоставление устойчивости, кислотно-основных свойств и окислительно-восстановительной активности соединений германия, олова и свинца. Биологические свойства и применение простых веществ и соединений.

### 1.4.3 p- элементы V группы

Подгруппа азота. Общая характеристика элементов. Отличие азота и фосфора от других элементов подгруппы.

*Азот.* Общая характеристика элемента. Нахождение в природе. Элементарный азот. Строение молекулы азота. Причины инертности молекулярного азота. Проблема связывания азота и пути ее решения. Лабораторные и промышленные способы получения азота.

Соединения с водородом. Аммиак, химическая связь и строение молекулы, лабораторные и промышленные методы получения, свойства аммиака, жидкий аммиак как неводный и ионизирующий растворитель. Реакции, характерные для аммиака. Гидраты аммиака, водный раствор аммиака как раствор гидрата аммиака. Ион аммония, химическая связь и строение. Соли аммония, их свойства. Амиды, имиды, нитриды металлов, их свойства.

Гидроксиламин, строение молекулы, получение, свойства.

Гидразин, химическая связь в молекуле гидразина и строение молекулы. Получение и свойства гидразина.

Гидраты гидразина и гидроксиламина, их свойства. Соли гидразония и гидроксиламмония, их свойства.

Азотистоводородная кислота, химическая связь в молекуле и ее строение, получение и свойства. Азиды металлов, способы их получения, свойства.

Оксиды азота, способы получения и свойства. Кислородсодержащие кислоты. Азотистая кислота, получение, свойства. Нитриты, получение и свойства.

Азотная кислота, ее получение и свойства, химическая связь и строение молекулы, взаимодействие с металлами и неметаллами, зависимость окислительных свойств от концентрации. Царская водка. Нитраты, их получение и свойства. Термическое разложение нитратов.

Оксогалогениды азота, их получение и свойства, строение молекул и химическая связь.

Азотные удобрения. Биологическая роль и применение азота и его соединений в медицине.

*Фосфор.* Общая характеристика элемента. Нахождение в природе. Полиморфные модификации, их строение и свойства, получение фосфора.

Соединения фосфора с водородом. Фосфин, получение и свойства, строение молекулы. Ион фосфония, его структура. Соли фосфония, свойства и способы получения.

Фосфиды металлов, получение и свойства.

Оксиды фосфора, их получение и свойства, строение. Кислородсодержащие кислоты, способы получения, строение молекул, химическая связь в них и их свойства. Фосфаты, способы их получения и свойства. Полимерные кислоты фосфора.

Соединения с галогенами, получение, свойства, гидролиз. Оксогалогениды, их получение и свойства.

Фосфорные удобрения. Биологическая роль и применение фосфора и его соединений его соединений в медицине.

*Мышьяк, сурьма, висмут.* Общая характеристика элементов. Нахождение в природе, получение и свойства. Соединения с металлами, получение и свойства.

Кислородсодержащие соединения мышьяка, сурьмы, висмута, получение и свойства.

Гидроксиды мышьяка (III), сурьмы (III), висмута (III), получение и свойства. Гексагидроксостибаты (V) щелочных металлов.

Тригалогениды и пентагалогениды, их получение. Свойства галогенидов, гидролиз. Соли антимонила и висмутила. Сульфиды мышьяка (III), (V), висмута (III). Способы их получения, свойства, отношение к кислотам и к раствору сульфида аммония. Тиокислоты и их соли.

Биологическая роль и применение мышьяка, сурьмы, висмута и их соединений в медицине

#### **1.4.4 p- элементы VI группы**

Подгруппа кислорода. Общая характеристика элементов.

*Кислород.* Полиморфные модификации. Элементарный кислород. Строение молекулы кислорода, лабораторные и промышленные способы получения, физические и химические свойства, оксиды. Озон, его получение, строение молекулы, свойства и применение. Сопоставление свойств озона и кислорода.

Вода. Аномалия физических свойств. Диаграмма состояния, химические свойства, окислительно-восстановительные свойства воды, взаимодействие с простыми и сложными веществами. Электронодонорные свойства молекул воды. Кристаллогидраты, их строение и свойства. Биологическая роль воды. Тяжелая вода. Дистиллированная вода. Вода для инъекций. Минеральные воды.

Пероксид водорода, методы получения, строение молекулы. Его кислотные и окислительно-восстановительные свойства. Пероксидные соединения, способы получения и свойства. Биологическая роль и применение в медицине.

Понятие о способах очистки сточных вод и отходящих газов промышленных производств. Биологическая роль и применение кислорода.

*Сера.* Общая характеристика. Нахождение в природе, методы получения, полиморфные модификации, физические и химические свойства.

Соединения серы с водородом. Сероводород, строение молекулы, получение и свойства. Сульфиды. Классификация сульфидов по их растворимости в воде, растворах кислот и сульфидов щелочных металлов или аммония. Гидролиз сульфидов, растворимых в воде. Полисульфиды.

Соединения серы с кислородом. Оксиды серы (IV) и (VI); получение и свойства. Кислородсодержащие кислоты серы. Окислительно-восстановительные свойства сернистой кислоты и сульфитов. Серная кислота, получение, строение молекулы и свойства. Взаимодействие серной кислоты с

металлами. Соли серной кислоты, их свойства. Дисерная кислота и олеум, их свойства.

Полиотионовые кислоты и политионаты. Тиосерная кислота, тиосульфат натрия, получение и свойства. Пероксосульфаты.

Соединения серы с галогенами. Оксохлориды серы (хлористый тионил, хлористый сульфурил), хлорсерная (хлорсульфоная) кислота; их получение, строение молекул и свойства.

*Селен, теллур, полоний.* Общая характеристика элементов, степени окисления, аллотропия селена и теллура. Селено- и теллуриды. Селениды и теллуриды.

Диоксиды селена и теллура, их получение и свойства. Селенистая и теллуристая кислоты. Селениты и теллуриты. Селеновая и теллурическая кислоты. Селенаты и теллуриды. Сопоставление кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений серы, селена и теллура. Краткая характеристика полония и его соединений.

Биологическая роль, применение простых веществ и соединений *p*-элементов VI группы в промышленности и медицине.

#### **1.4.5 *p*-элементы VII группы**

Подгруппа фтора. Общая характеристика галогенов.

*Фтор, хлор, бром, иод.* Нахождение в природе. Химическая связь в молекулах. Получение, физические и химические свойства, изменение окислительной активности в подгруппе. Взаимодействие галогенов с водой и растворами щелочей.

Соединения с водородом, лабораторные и промышленные способы получения и свойства. Ассоциация молекул фтористого водорода. Плавиковая кислота. Фториды и гидрофториды. Электронодонорные свойства фторид-иона. Получение и свойства простых и комплексных фторидов неметаллов, химическая связь в них.

Окислительно-восстановительные и кислотные свойства галогеноводородов и их водных растворов. Соляная, бромистоводородная и иодистоводородная кислоты, их свойства. Галогениды. Свойства галогенид-ионов (восстановительные и электронодонорные).

Соединения галогенов с кислородом. Фториды кислорода, способы получения, свойства. Оксиды хлора, брома, иода, их получение, структура, свойства. Сравнение устойчивости кислотных и окислительных свойств оксидов.

Кислородсодержащие кислоты: хлорноватистая, хлористая, хлорноватая, хлорная, бромноватистая, иодноватая, метапериодная, ортопериодная, их соли, способы получения и свойства. Изменение устойчивости, кислотных и окислительных свойств в ряду кислородных кислот хлора, брома, иода.

Межгалогенные соединения, способы их получения, свойства.

Биологическая роль, применение простых веществ и соединений галогенов в промышленности и медицине.

### 1.4.6 *p*-элементы VIII группы

Общая характеристика элементов, нахождение в природе, методы получения, объяснение малой реакционной способности. Соединения криптона и ксенона со фтором, способы получения и свойства. Реакция диспропорционирования. Гидролиз фторидов ксенона. Оксофториды. Кислородные соединения ксенона, способы получения и свойства. Ксеноновые кислоты, ксенаты и перксенаты, способы получения и свойства.

Биологическая роль и применение в медицине *p*-элементов VIII группы.

## 1.5 Химические свойства и биологическая роль *d*-элементов и их соединений

Общая характеристика элементов побочных подгрупп. Электронные конфигурации атомов. Особое положение подгрупп скандия и цинка. Биологическая роль *d*-элементов и их соединений.

### 1.5.1 *d*-элементы I–III групп

*Подгруппа меди.* Общая характеристика элементов. Нахождение в природе, способы получения металлов. Соединения меди (I), (II), оксиды, гидроксиды, соли и комплексные соединения, методы их получения и свойства. Соединения серебра (I), оксид, его свойства, галогениды, их свойства. Комплексные соединения серебра, свойства и способы получения. Соединения золота (I), свойства и способы получения. Соединения золота (III): оксид и гидроксид, галогениды. Свойства и способы получения. Комплексные соединения. Биологическая роль и применение в медицине элементов I В группы и их соединений.

*Подгруппа цинка.* Общая характеристика элементов. Нахождение в природе, получение и свойства. Оксиды и гидроксиды (II), свойства, получение. Соли, общая характеристика солей, растворимость, гидролиз, получение и свойства. Комплексные соединения. Соединения ртути (I), получение, устойчивость, реакции диспропорционирования, соли ртути (I), каломель. Биологическая роль и применение в медицине соединений подгруппы цинка.

*Подгруппа скандия.* Общая характеристика элементов. Нахождение в природе, получение. Отличие свойств скандия от свойств остальных элементов. Свойства и способы получения основных типов соединений: оксидов, гидроксидов, солей. Характеристика комплексных соединений. Применение простых веществ и соединений.

### 1.5.2 *d*-элементы IV–V групп

*Подгруппа титана.* Общая характеристика элементов. Нахождение в природе, получение, свойства и применение. Оксиды и гидроксиды, способы

получения и свойства. Соединения с низшими степенями окисления элемента, их свойства. Диоксид титана, соли титанила, их получение и свойства. Титанаты. Соединения с галогенами, свойства и способы получения. Применение металлов и их соединений.

*Подгруппа ванадия.* Общая характеристика элементов. Нахождение в природе, способы получения и свойства. Соединения элементов (I, III, IV). Способы их получения, свойства, кислотно-основные свойства оксидов и гидроксидов, соли. Галогениды и оксогалогениды элементов (IV) и (V), их свойства, химическая связь в них. Оксованадиевые ионы. Ванадаты, ниобаты и танталаты; способы их получения и свойства. Применение простых веществ и соединений.

Биологическая роль и применение в медицине соединений *d*-элементы IV–V групп.

### 1.5.3 *d*-элементы VI–VII групп

*Подгруппа хрома.* Общая характеристика элементов. Нахождение в природе, получение, свойства. Соединения хрома (II), (III). Способы получения и свойства. Кислотно-основной характер оксидов и гидроксидов хрома (II), (III), способы получения и свойства. Соли хрома (III): получение и свойства, квасцы, хромиты, получение, свойства. Комплексные соединения хрома (III), их строение, изомерия.

Оксид хрома (VI), его свойства. Хромовые кислоты, хроматы и дихроматы, их взаимные переходы, получение и свойства. Краткие сведения о соединениях молибдена и вольфрама, кислотно-основной характер оксидов и гидроксидов, вольфраматы и молибдаты. Способы их получения и свойства. Изополи-, гетерополикислоты и их соли.

*Подгруппа марганца.* Общая характеристика элементов. Нахождение в природе, получение и свойства. Соединения марганца (II), (III), (IV), свойства оксидов и гидроксидов, соли марганца, их свойства, диоксид марганца, его свойства, соединения марганца (VI), способы получения и свойства. Оксид марганца (VII), марганцовая кислота и перманганаты. Их свойства и получение. Окислительно-восстановительные свойства соединений различными степенями окисления марганца и их зависимость от pH.

Краткая характеристика рения. Соединения рения (III), (IV), (VI). Соединения рения (VII): оксид, рениевая кислота, перренаты. Окислительно-восстановительные свойства соединений рения в различных степенях окисления элемента.

Биологическая роль и применение в медицине соединений *d*-элементы VI–VII групп.

### 1.5.4 *d*-элементы VIII группы

*Семейства железа и платины.* Общая характеристика элементов. Деление на подгруппы и семейства.

Семейство железа. Общая характеристика элементов, нахождение в природе и способы получения. Чугун и сталь. Оксиды и гидроксиды элементов (II), их свойства и получение. Соли и комплексные соединения. Оксиды и гидроксиды железа (III), кобальта (III), никеля (III), способы получения и свойства. Соли и комплексные соединения. Соединения железа (VI), ферраты, их свойства.

Семейство платины. Общая характеристика элементов. Нахождение в природе. Понятие о разделении элементов. Гидроксиды платины (II), (IV), их свойства. Оксиды рутения и осмия (VIII).

Биологическая роль, применение металлов семейства железа и платины, а также их соединений в технике и медицине.

### **1.6 Химические свойства и биологическая роль $f$ -элементов и их соединений**

*Лантаноиды.* Общая характеристика лантаноидов, характерные степени окисления. Нахождение в природе. Изменение химических свойств с возрастанием порядкового номера. Причины сходства лантаноидов. Участие  $f$ -орбиталей в образовании химических связей, высокие координационные числа атомов. Лантаноидное сжатие и его влияние на свойства  $bd$ -элементов. Периодичность изменения характерных степеней окисления. Физические и химические свойства лантаноидов, их положение в электрохимическом ряду напряжений. Соединения лантаноидов (III). Оксиды и гидроксиды, способы получения, изменение свойств с возрастанием порядкового номера. Общая характеристика солей, их гидролиз.

Применение лантаноидов и их соединений в медицине и промышленности.

*Актиноиды.* Общая характеристика, электронное строение атомов, сопоставление с электронным строением атомов лантаноидов.

Изменение химических свойств с возрастанием порядкового номера. Участие  $f$ -орбиталей в образовании химических связей, высокие координационные числа атомов. Актиноидное сжатие. Близость свойств тория, протактиния и урана в высшей степени окисления к свойствам  $d$ -элементов IV, V, VI групп соответственно. Склонность актиноидов к комплексообразованию.

Естественная и искусственная радиоактивность. Радиоактивные элементы. Их применение в медицине и промышленности.

### **1.7 Взаимосвязь химических элементов с биологически активными веществами и системами организма человека**

Взаимосвязь химических элементов с витаминами, гормонами и ферментными системами. Современные достижения и перспективы использования биогенных элементов в медицине. Макро- и микроэлементы в продуктах питания.

## 2 ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Примерные темы практических занятий

1. Свойства и биологическая роль *p*-элементов VII группы периодической системы и их соединений.
2. Свойства и биологическая роль *p*-элементов VI группы периодической системы и их соединений.
3. Свойства и биологическая роль *p*-элементов V группы периодической системы и их соединений.
4. Свойства и биологическая роль *p*-элементов IV группы периодической системы и их соединений.
5. Свойства и биологическая роль *p*-элементов III группы периодической системы и их соединений.
6. Свойства и биологическая роль *s*-элементов I и II групп периодической системы и их соединений.
7. Свойства и биологическая роль *d*-элементов I-III групп периодической системы и их соединений.
8. Свойства и биологическая роль *d*-элементов IV-V групп периодической системы и их соединений.
9. Свойства и биологическая роль *d*-элементов VI-VIII групп периодической системы и их соединений.

### 2.2 Примерная тематика лабораторных занятий

1. Техника безопасности. Пользование электроприборами и газом. Элементы техники неорганического синтеза.
2. Неорганический синтез малорастворимых солей. Получение ортофосфатов, сульфатов, карбонатов, гидрокарбонатов, оксонитратов металлов сольвотермическим методом. Изучение свойств и биологической роли полученных соединений.
3. Неорганический синтез растворимых солей. Получение декагидрата тетрабората натрия, пентагидрата тиосульфата натрия, карбоната натрия, гидроортофосфата и дифосфата натрия, иодида олова (II), тригидрата нитрата меди (II). Изучение свойств и биологической роли полученных соединений.
4. Неорганический синтез кислот и оснований. Получение азотной, ортоборной кислот, гидроксидов натрия, калия, меди, цинка. Анализ на содержание полученных веществ. Изучение свойств и биологической роли полученных соединений.
5. Неорганический синтез комплексных соединений. Получение хлорида гексаамминоникеля (II), сульфата тетраамминомеди (II). Изучение свойств и биологической роли полученных соединений.
6. Неорганический синтез оксидов металлов. Получение оксидов хрома (III), кадмия (II) алюминия с применением высоких температур. Получение оксидов меди (I), олова (II) из водных растворов солей. Изучение свойств и биологической роли полученных соединений.

## 2.3 Рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

Целью самостоятельной работы студентов по дисциплине «Неорганические биологически-активные вещества» является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками творческой, исследовательской деятельности.

Видами заданий для самостоятельной работы по дисциплине «Неорганические биологически-активные вещества» являются:

*для овладения знаниями:*

– отработка изучаемого материала по печатным и электронным источникам (учебникам, рекомендуемой дополнительной литературе), конспектам лекций; составление плана и конспектирование текста; работа со справочниками; использование компьютерной техники и Интернета;

*для закрепления и систематизации знаний:*

– аналитическая работа с конспектом лекций, основной и дополнительной литературой; ответ на контрольные вопросы; заполнение рабочих тетрадей и протоколов синтеза неорганических соединений; подготовка рефератов и докладов к выступлению на студенческих научно-технических конференциях;

*для формирования умений:*

– выполнение типовых расчетов; решение задач и упражнений по различным разделам дисциплины «Неорганические биологически-активные вещества»; подготовка к практическим и лабораторным занятиям; выполнение индивидуальных заданий различных уровней сложности; подготовка к контрольным работам, зачетам и экзаменам.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов. Выполнение домашних и индивидуальных заданий осуществляется в соответствии с предлагаемыми учебно-методическими пособиями, указаниями, лабораторными практикумами.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине.

Контроль результатов самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме (устный опрос, письменные контрольные работы, тестовые задания, коллоквиумы, защита выполненных лабораторных работ).

Перечень предлагаемых студентам тем на самостоятельную работу:

1. Модели строения атомов.
2. Периодический закон Д.И. Менделеева. Структура периодической системы. Изменение свойств элементов в соответствии с расположением их в периодической системе (вертикальная, горизонтальная периодичности).

Особенности заполнения орбиталей атомов электронами в главных и побочных подгруппах, в семействах актиноидов и лантаноидов; *s*-, *p*-, *d*-, *f*-

элементы. Энергия ионизации как характеристика атомов. Радиусы атомов и ионов (орбитальные и эффективные), закономерности их изменения в периодической системе. Взаимосвязь электронной структуры атомов и биогенной активности.

3. Химическая связь. Характеристики химической связи. Метод валентных связей. Пространственная структура молекул.

4. Метод молекулярных орбиталей.

5. Природа химической связи в комплексных соединениях. Структура и свойства комплексных соединений.

6. Общие закономерности протекания химических процессов.

7. Водород. Физические и химические свойства, лабораторные и промышленные способы получения водорода и его соединений. Биологическая роль водорода.

8. Общая характеристика и основные способы получения металлов. Биологическая роль металлов.

9. Особенности химии *d*-элементов. Биологическая роль *d*-элементов.

10. Особенности химии *p*-элементов. Биологическая роль *p*-элементов.

11. Подгруппа гелия. Биологическая роль элементов подгруппы гелия.

12. Общая характеристика *f*-элементов. Радиоактивность. Биологическая роль *f*-элементов.

13. Загрязнение атмосферы как следствие химических процессов в производстве. Экологические проблемы химизации производства.

14. Взаимосвязь химических элементов с биологически активными веществами и системами организма человека.

## 2.4 Перечень рекомендуемых средств диагностики

- устный опрос;
- контрольные работы;
- тестовый контроль;
- коллоквиум;
- зачет;
- экзамен.
- индивидуальные задания, в т.ч. разноуровневые;
- отчеты по лабораторным работам.

## ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### а) основная

1. Хухрянский В. Г. Химия биогенных элементов: учеб. пособие координационных соединений / В. Г. Хухрянский, А. Я. Цыганенко, Н. В. Павленко. – Киев: Высшая школа, 1990.
2. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия / Н. С. Ахметов. – 5-е изд., перераб и доп. – М.: Высшая школа, 2006.
2. Карапетьянц, М. Х. Общая и неорганическая химия: учеб. для вузов / М. Х. Карапетьянц, С. И. Дракин. – 4-е изд., стереотип. – М.: Химия, 2001.
3. Новиков, Г. И. Общая и экспериментальная химия / Г. И. Новиков, И. М. Жарский. – Минск: Современная школа, 2007.
4. Угай, Я. А. Общая и неорганическая химия: учеб. для вузов / Я. А. Угай. – М.: Высшая школа, 2007. – 527 с.
5. Жарский, И. М. Теоретические основы химии: сборник задач / И. М. Жарский, А. Л. Кузьменко, С. Е. Орехова. – Минск: Аверсэв, 2004.
6. Лабораторный практикум по общей и неорганической химии / сост. И. М. Жарский, А. Л. Кузьменко, С. Е. Орехова; под ред. Г. И. Новикова. – Минск: Дизайн ПРО, 1998.
7. Гольбрайх, З. Е. Сборник задач и упражнений по химии / З. Е. Гольбрайх. – 6-е изд., перераб и доп. – М.: Высшая школа, 2004.
8. Волков, А. И. Большой химический справочник / А. И. Волков, И. М. Жарский. – Минск: Современная школа, 2005.

### б) дополнительная

1. Яцимирский К. Б. Введение в бионеорганическую химию / К. Б. Яцимирский. – Киев: Наукова думка, 1976.
2. Эйхгорн Г. Бионеорганическая химия / Г. Эйхгорн. – М.: Мир, 1978. – Т. 1, - Т. 2.
3. Зигель Х. Ионы металлов в биологических системах / Х. Зигель. – М.: Мир, 1982.
4. Уильямс Д. Металлы жизни / Уильямс Д. – М.: Мир, 1985.
5. Ленский А. С. Введение в бионеорганическую и биофизическую химию / Ленский А. С. – М.: Высшая школа, 1989.
6. Хьюз М. Неорганическая химия биологических процессов / М. Хьюз – М.: Мир, 1983.
7. Логинова Н. В. Бионеорганическая химия: металлокомплексы в медицине. Уч. пособие / Н. В. Логинова. – Мн.: БГУ, 2000.
8. Шрайвер Д. Неорганическая химия / Д. Шрайвер. Т. 2. – М.: Мир, 2004.