

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Северо-Осетинский государственный университет
имени Коста Левановича Хетагурова»

Л. М. КУБАЛОВА

ХИМИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Владикавказ 2017

ББК 24.12

К 88

*Утверждено
решением научно-методического совета
ФГБОУ ВО «СОГУ им. К.Л. Хетагурова»*

Кубалова Л.М. Химия биогенных элементов: учебное пособие
/ Научн. ред. докт. хим. наук, проф. К. Б. Дзеранова. – Владикавказ:
ФГБОУ ВО «СОГУ им. К.Л. Хетагурова», 2017. – 160 с.

ISBN 978-5-00081-155-9

Научный редактор – доктор химических наук, профессор кафедры
общей и неорганической химии ФГБОУ ВО «СОГУ» **К. Б. Дзеранова.**

Рецензенты:

доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой химии
и физики ФГБОУ ВО «Северо-Осетинская государственная медицинская
академия» Минздрава России **Р.В. Калагова;**

кандидат химических наук, декан факультета химии, биологии и био-
технологии, доцент кафедры общей и неорганической химии ФГБОУ ВО
«СОГУ им. К.Л. Хетагурова» **Ф.А. Агаева**

Учебное пособие составлено в соответствии с Федеральными го-
сударственными образовательными стандартами высшего образования
по специальности 33.05.01 Фармация и по направлению бакалавриата
04.03.01 Химия.

Пособие предназначено для самостоятельной работы студентов, из-
учающих дисциплину «Химия биогенных элементов» с целью формиро-
вания основ профессиональных компетенций студентов.

Учебное пособие печатается по решению научно-методического со-
вета ФГБОУ ВО «СОГУ»

ISBN 978-5-00081-155-9

ББК24.12

©ФГБОУ ВО «СОГУ им. К.Л. Хетагурова», 2017

© Кубалова Л.М., 2017

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Структура и общая трудоемкость дисциплины	7
1.1.	Для студентов специальности 33.05.01 Фармация.....	7
1.2.	Для студентов направления бакалавриата 04.03.01 Химия.....	7
2.	Цели и задачи освоения дисциплины.....	8
2.1.	Цели освоения дисциплины.....	8
2.2.	Задачи освоения дисциплины	8
3.	Требования к результатам освоения дисциплины.....	9
4.	Балльная структура оценки по дисциплине	12
5.	Содержание и учебно-методическая карта дисциплины «Химия биогенных элементов»	13
5.1.	Специальность 33.05.01 Фармация	13
5.2.	Направление бакалавриата 04.03.01 Химия	30
5.3.	Распределение аудиторных занятий и самостоятельной работы по семестрам для студентов специальности 33.05.01 Фармация	51
5.3.1.	Тематический план лекций по семестрам.....	51
5.3.2.	Распределение практических (семинарских) занятий по семестрам.....	52
5.3.3.	Распределение самостоятельной работы студента (СРС) по видам и семестрам	53
5.4.	Распределение аудиторных занятий и самостоятельной работы по семестрам для студентов направления 04.03.01 Химия.....	53
5.4.1.	Тематический план лекций по семестрам.....	53
5.4.2.	Распределение практических (семинарских) занятий по семестрам.....	55
5.4.3.	Распределение самостоятельной работы студента (СРС) по видам и семестрам	57
5.5.	Примерная тематика рефератов по дисциплине «Химия биогенных элементов»	57
6.	Введение в химию биогенных элементов	60
6.1.	Макро-, микро- и ультрамикрорэлементы	60

6.2.	Классификация химических элементов	62
6.2.1.	Общая характеристика s-элементов и их соединений	63
6.2.2.	Общая характеристика p-элементов и их соединений	68
6.2.3.	Общая характеристика d-элементов и их соединений	70
7.	Распространенность химических элементов в природе	74
8.	Соотношение химического состава живых организмов и окружающей среды	78
9.	Биологическая роль химических элементов в зависимости от положения в периодической системе элементов Д. И. Менделеева	91
10.	Классификация и топография химических элементов в организме	83
11.	Биологическая роль s-элементов I и II групп	84
11.1.	Применение неорганических соединений s-элементов I и II групп в медицине и фармации	84
12.	Биологическая роль p-элементов III-VI групп	90
12.1.	p-элементы IIIA группы	90
12.1.1.	Лечебное действие неорганических соединений бора и алюминия	91
12.1.2.	Применение неорганических соединений бора и алюминия в медицине и фармации	93
12.1.3.	Токсическое действие соединений бора, алюминия и таллия на живой организм	95
12.2.	p-элементы IVA группы	96
12.2.1.	Лечебное действие неорганических соединений углерода, кремния и свинца	97
12.2.2.	Применение углерода, неорганических соединений углерода, кремния, свинца в медицине и фармации	99
12.2.3.	Токсическое действие соединений углерода, кремния и свинца на живой организм	101
12.3.	p-элементы VA группы	103
12.3.1.	Биологическая роль азота (N), фосфора (P), мышьяка (As), сурьмы (Sb), висмута (Bi)	103

12.3.2. Лечебное действие неорганических соединений азота, фосфора, мышьяка и висмута	105
12.3.3. Применение неорганических соединений азота, фосфора, мышьяка, висмута в медицине и фармации	106
12.4. р-элементы VI группы	107
12.4.1. Биологическая роль кислорода, озона, воды	107
12.4.2. Применение кислорода, озона, воды, пероксида водорода в медицине и фармации	109
12.4.3. Токсическое действие озона, пероксида водорода	110
12.4.4. Биологическая роль серы (S) и селена (Se)	113
12.4.5. Лечебное действие неорганических соединений серы	96
12.4.6. Применение неорганических соединений серы и селена в медицине и фармации	114
12.5. р-элементы VII группы	116
12.5.1. Биологическая роль фтора, хлора, брома и йода	116
12.5.2. Лечебное действие неорганических соединений фтора, хлора, брома и йода	119
12.5.3. Применение соединений фтора, хлора, брома, йода в медицине и фармации	121
12.5.4. Токсическое действие соединений фтора, хлора, брома и йода на живой организм	124
13. Биогенные элементы d-семейства	125
13.1. Биологическая роль хрома (Cr), молибдена (Mo), вольфрама (W)	125
13.1.1. Лечебное действие неорганических соединений молибдена	126
13.1.2. Применение неорганических соединений хрома и молибдена в медицине и фармации	127
13.1.3. Токсическое действие соединений хрома	127
13.2. Биологическая роль d-элементов VII группы: марганец	128
13.2.1. Лечебное действие неорганических соединений марганца ..	129
13.2.2. Применение неорганических соединений марганца в медицине и фармации	130
13.2.3. Токсическое действие соединений марганца на живой организм	131

13.3. Биологическая роль d-элементов VIII группы: железа (Fe), кобальта (Co), никеля (Ni)	132
13.3.1. Лечебное действие соединений железа и витамина B ₁₂	134
13.3.2. Применение соединений железа и кобальта в медицине и фармации	135
13.4. Биологическая роль d-элементов I, II группы: меди (Cu), серебра (Ag), цинка (Zn), ртути (Hg)	136
13.4.1. Лечебное действие неорганических соединений меди, серебра и ртути.....	138
13.4.2. Применение неорганических соединений меди, серебра, цинка и ртути в медицине и фармации	139
14. Тестовые задания для самоконтроля студентов	141
15. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Химия биогенных элементов».....	139

1. Структура и общая трудоемкость дисциплины

1.1. Для студентов специальности 33.05.01 Фармация

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы (72 часа).

	Очная форма обучения
Курс	1
Семестр	1
Лекции	18
Практические (семинарские) занятия	36
Итого аудиторных занятий	54
Самостоятельная работа студента	18
Форма контроля	Зачет
Общее количество часов	72

1.2. Для студентов направления бакалавриата 04.03.01 Химия

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часа).

	Очная форма обучения
Курс	3
Семестр	3
Лекции	36
Практические (семинарские) занятия	18
Итого аудиторных занятий	54
Самостоятельная работа студента	54
Форма контроля	Экзамен (36 ч.)
Общее количество часов	144

2. Цели и задачи освоения дисциплины

2.1. Цели освоения дисциплины:

- Систематизация знаний обучающихся по основам неорганической химии биогенных элементов, радионуклидов, экотоксикантов и их динамики в объектах окружающей среды;
- Формирование системных знаний для понимания основных закономерностей взаимосвязи между строением и химическими свойствами вещества, протекания химических реакций, структурой химических соединений и их биологическим значением;
- Прогнозирование биологической роли, лечебного действия химических элементов и их соединений, исходя из специфики строения и механизма взаимодействия с живыми субстратами;
- Расширение и углубление знаний обучающихся о роли химических элементов и их соединений в жизнедеятельности организма, о важнейших химических превращениях, лежащих в основе метаболизма, о применении в медицине некоторых неорганических и органических веществ;
- Обеспечение понимания фундаментальных понятий, законов и закономерностей химии, их роль в протекании биологических процессов;
- Развитие у обучающихся внутренней мотивации к обучению, повышение их интереса к познанию дисциплин химического профиля.

2.2. Задачи освоения дисциплины:

- сформировать основные понятия и представления о важнейших физико-химических процессах, закономерностях и принципах;
- помочь осмыслить механизм влияния физико-химических процессов для понимания биологических явлений;

- обеспечить формирование у обучающихся умений и навыков осуществления учебно-познавательной и профессиональной деятельности.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

3.1. В результате изучения данной дисциплины студент специальности 33.05.01 Фармация должен обладать следующими **обще-профессиональными компетенциями (ОПК)**:

- готовностью к использованию основных физико-химических, математических и иных естественнонаучных понятий и методов при решении профессиональных задач (ОПК-7) и **профессиональными компетенциями (ПК)**:

- готовностью к участию в процедурах ввоза лекарственных средств в Российскую Федерацию и вывоза лекарственных средств из Российской Федерации (ПК-9);

- способностью к проведению экспертизы лекарственных средств с помощью химических, биологических, физико-химических и иных методов (ПК-10);

- способностью к участию в проведении научных исследований (ПК-22).

3.2. В результате изучения данной дисциплины студент направления бакалавриата 04.03.01 Химия должен обладать следующими **общепрофессиональными (ОПК) и профессиональными (ПК) компетенциями**:

- способность использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач (ОПК-1);

- владение методами безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств (ПК-7).

В результате изучения дисциплины «Химия биогенных элементов» **студент должен**

Знать:

- основы фундаментальных разделов химии, прежде всего химии биологических объектов;
- общие законы круговорота вещества и потоков энергии, а также основные круговороты биогенных элементов в природе, их взаимное влияние, причины и последствия их нарушения;
- основные закономерности протекания эндогенных и экзогенных процессов в различных объектах окружающей среды;
- основные формы трансформации химических веществ и механизмы физико-химических процессов протекающих в объектах окружающей среды, базирующихся на основных законах химии;
- состав и свойства химических веществ, входящих в организм человека;
- биологическую роль элементов-органогенов;
- свойства химических материалов, методы безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств;
- физиологическую и патологическую роль химических элементов в живом организме.

Уметь:

- применять теоретические знания для решения конкретных задач в химии;
- оперировать основными понятиями – биогенность элементов, биосфера, ноосфера, макро-, микро- и ультрамикроэлементы, роль живого вещества в геологической истории Земли, миграция веществ, биогеохимические функции живого вещества, влияние геохимической среды на развитие и химический состав растений, биогеохимические роль химических элементов;

- составлять схемы основных круговоротов биогенных элементов в природе, обосновывать роль каждого в сохранении природного равновесия, анализировать причины и последствия его нарушения;
- анализировать механизм биогенного и токсического действия химических элементов в организме;
- объяснять, какие свойства и особенности химических элементов являются ответственными за различную распространенность их в живых организмах, что определяет специфическую роль элементов в биологических системах;
- проводить сравнительный анализ различных химических процессов, протекающих в организме;
- использовать методы безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств;
- самостоятельно работать с учебной, научной и справочной литературой по химическим дисциплинам.

Владеть:

- основами теории химии биогенных элементов;
- навыками решения конкретных теоретических и экспериментальных задач;
- методом систематизации сведений о биогенных и токсических свойствах химических элементов и их соединений на основе Периодической системы элементов Д. И. Менделеева;
- методами безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств;
- основами теории химии биогенных элементов; основами теории биоорганической химии;
- навыками выявления взаимосвязи между строением электронных оболочек атомов и физическими и химическими свойствами элементов и их соединений, имеющих биогенную роль.

4. Балльная структура оценки по дисциплине

№/№	Форма контроля	Минимальное количество баллов	Максимальное количество баллов
1	Текущая работа студентов в течение 1-8 недели, в т. ч.: <ul style="list-style-type: none"> • работа на лекциях; • работа на практических (семинарских) занятиях (выполнение письменных домашних заданий к практическим (семинарским) занятиям, ответы на теоретические вопросы (коллоквиумы)); • самостоятельная работа (подготовка и защита реферата, выполнение конспектов по вопросам, вынесенным на самостоятельное изучение) 	0 0 0 0	20 4 8 8
2	1-я рубежная контрольная работа (компьютерный тест) (9 неделя)	0	30
3	Текущая работа студентов в течение 9-17 недели, в т. ч.: <ul style="list-style-type: none"> • работа на лекциях; • работа на практических (семинарских) занятиях (выполнение письменных домашних заданий к практическим (семинарским) занятиям, ответы на теоретические вопросы (коллоквиумы)); • самостоятельная работа (подготовка и защита реферата, выполнение конспектов по вопросам, вынесенным на самостоятельное изучение) 	0 0 0 0	20 4 8 8
4	2-я рубежная контрольная работа (компьютерный тест) (18 неделя)	0	30
	ИТОГО	0	100

5. Содержание и учебно-методическая карта дисциплины «Химия биогенных элементов»

5.1. Специальность 33.05.01 Фармация

Номер недели	Аудиторные занятия Наименование тем (вопросов)		Самостоятельная работа студентов	Формы контроля	Мак- сим. кол-во бал- лов
	Лекции, количество, часов	Практические заня- тия, количество часов			
1	– –	<p>1. Химические эле- менты биосферы. Уче- ние В. И. Вернадского о биосфере. Распро- страненность (кларки) химических элементов в природе. Макро- и микроэлементы в среде и в организме человека. Выступление студентов по темам рефератов. (2 ч.)</p>	<p>1. Химические элементы биосферы. Макро- и ультрамикроэлементы. Био- геохимические провинции. Химические элементы в гео- сфере и биосфере. Жизненно необходимые (незаменимые) элементы. Примесные эле- менты. (0,5 ч.), [1-3, 5, 8]</p>	<p>Коллоквиум, письменные до- машние задания (конспект), реферат</p>	1,5

2	<p>1. Введение. Химические элементы биосферы. s-Элементы IA и IIIA групп. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине. (2 ч.)</p>	<p>2. Классификация химических элементов. Соотношение химического состава живых организмов и окружающей среды. Выступление студентов по темам рефератов. (2 ч.)</p>	<p>2. Общая характеристика s-элементов и их соединений. Общая характеристика p-элементов и их соединений. Общая характеристика d-элементов и их соединений. Биологическая роль элементов в зависимости от положения в Периодической системе элементов Д. И. Менделеева. Закономерности распределения биогенных элементов по s-, p-, d-, f-блокам периодической системы Д. И. Менделеева. Топография важнейших биогенных элементов в организме человека. Биологическая роль химических элементов в организме. (0,5 ч.), [1–4, 8]</p>	<p>Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект), реферат</p>	1,5
---	--	---	---	--	-----

3	<p>3. s-Элементы IA группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.</p> <p>Выступление студентов по темам рефератов. (2 ч.)</p> <p>--</p>	<p>3. Водород. Вода как важнейшее соединение водорода, ее физические и химические свойства. Аквакомплекс и кристаллогидраты. Дистиллированная и апиrogenная вода, получение и применение в фармации. Природные и минеральные воды.</p> <p>s-элементы IA группы – металлы. Ионифоры и их роль в мембранном переносе калия и натрия. Биологическая роль s-элементов-металлов в минеральном балансе организма. Макро- и микро-s-элементы. Поступление элементов в организм с водой.</p> <p>(0,5 ч.), [1-3, 6, 8]</p>	Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект), реферат	1,5
---	--	---	---	-----

4	<p>2. р-Элементы IIIA группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине. р-Элементы IVA группы (Углерод, кремний, свинец). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине. (2 ч.)</p>	<p>4. s-Элементы ПА группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.</p> <p>Выступление студентов по темам рефератов. (2 ч.)</p>	<p>4. Ионы щелочных и щелочноземельных металлов как комплексообразователи. Жесткость воды, единицы ее измерения, пределы, влияние на живые организмы и протекание реакций в водных растворах, методы устранения жесткости. Соединения кальция в костной ткани, сходство ионов кальция и стронция, изоморфное замещение (проблема стронция-90). (0,5 ч.), [1-3, 8]</p>	<p>Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект), реферат</p>	1,5
---	--	--	---	--	-----

5	<p>5. р-Элементы IIIA группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.</p> <p>Выступление студентов по темам рефератов. (2 ч.)</p> <p>--</p>	<p>5. Бор. Борный ангидрид и борная кислота, равновесие в водном растворе. Тетраборат натрия. Эфиры борной кислоты. Биологическая роль бора. Антибактериальные свойства борной кислоты и ее солей. Алюминий. Общая характеристика. Простое вещество и его химическая активность. Разновидности оксида алюминия. Применение в медицине. Применение в гидроксида. Амфотерность гидроксида. Алюминаты. Ион алюминия как комплексобразователь. Безводные соли алюминия и кристаллогидраты. Особенности строения. Квасцы. Физико-химические основы применения алюминия и его соединений в медицине.</p> <p>(0,5 ч.), [1-3, 8]</p>	<p>Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект), реферат</p>	1,5
---	--	--	--	-----

6	3. р-Элементы VA группы (Азот, фосфор). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине. (2 ч.)	6. р-Элементы IVA группы. Углерод. Химические свойства, биологическая роль и применение соединений углерода в медицине. Выступление студентов по темам рефератов. (2 ч.)	6. Общая характеристика IVA группы. Физические и химические свойства простых веществ. Углерод. Активированный уголь как адсорбент. Соединения углерода (II). Соединения углерода (IV). Оксид углерода (IV), равновесия в водном растворе. Угольная кислота, карбонаты и гидрокарбонаты, гидролиз и термохимическое разложение. Биологическая роль углерода. Химические основы использования неорганических соединений углерода в медицине и фармации. (0,5 ч.), [1-3, 6, 7, 8]	Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект), реферат	1,5
---	---	--	--	---	-----

7	<p>7. р-Элементы IVA группы. Кремний. Химические свойства, биологическая роль и применение соединений кремния в медицине.</p> <p>Выступление студентов по темам рефератов. (2 ч.)</p> <p>--</p>	<p>7. Кремний. Общая характеристика. Основное отличие от углерода: отсутствие пи-связи в соединениях. Силициды. Соединения с водородом (силаны), окисление и гидролиз. Оксид кремния (IV). Силикагель. Кремневая кислота. Силикаты. Растворимость и гидролиз. Использование в медицине соединений кремния. Оксид свинца (IV) как сильный окислитель. Амфотерность гидроксидов. Растворимые и нерастворимые соли олова и свинца. Химизм токсического действия соединений свинца. Применение в медицине свинецсодержащих препаратов (свинца (II) ацетат, свинца (II) оксид).</p>	Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект), реферат	1,5
---	---	--	---	-----

8	<p>4. р-Элементы VIA группы (Кислород, сера). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине. (2 ч.)</p>	<p>8. р- Элементы VA группы (Азот). Химические свойства, биологическая роль и применение соединений азота в медицине.</p>	<p>8. Азот. Общая характеристика. Многообразие соединений с различными степенями окисления азота. Соединения с отрицательными степенями окисления. Нитриды. Аммиак, КО и ОВ характеристика, реакции замещения. Амиды. Аммиакаты. Свойства аминокислот как производных аммиака. Ион аммония и его соли, кислотные свойства, термическое разложение. Соединения азота в положительных степенях окисления. Оксиды. Стереохимия и природа связи. Способы получения. КО и ОВ свойства. Азотистая кислота и нитриты. КО и ОВ свойства. Азотная кислота и нитраты. КО и ОВ характеристика. Понятие о химических основах применения в медицине и фармации аммиака, закиси азота, нитрита и нитрата натрия.</p>	<p>Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект), реферат</p>	<p>1,5 + 86. реферат</p>
---	---	---	--	--	------------------------------

9		ПЕРВАЯ РУБЕЖНАЯ АТТЕСТАЦИЯ	(КОМПЬЮТЕРНЫЙ ТЕСТ (2 ч.)	КОМПЬЮТЕРНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ	30
	--	<p>9. р-Элементы VA группы (Фосфор). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.</p> <p>Выступление студентов по темам рефератов. (2 ч.)</p>	<p>9. Фосфор. Общая характеристика. Аллотропические модификации фосфора, их химическая активность. Фосфиды. Фосфин. Сравнение с соответствующими соединениями азота. Соединения фосфора в положительных степенях окисления. Оксиды: стереохимия и природа связи, взаимодействие с водой и спиртами. Фосфорноватистая (гипофосфористая) и фосфористая кислоты, строение молекул, КО и ОВ свойства. Дифосфорная (пирофосфорная) кислота. Изополи- и гетерополифосфорные кислоты. Метафосфорные кислоты, сравнение с азотной кислотой. Производные фосфорной кислоты в живых организмах.</p> <p>(1 ч.), [1-3], [6-8]</p>	<p>Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект), реферат</p>	1,5

10	5. р-Элементы VPA группы (галогены). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине. (2 ч.)	10. р-Элементы VIA группы (Кислород). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине. Выступление студентов по темам рефератов. (2 ч.)	10. р – Элементы VI группы. Общая характеристика группы. Кислород. Общая характеристика. Роль кислорода как одного из наиболее распространенных элементов и составной части большинства неорганических соединений. Молекула O_2 в качестве лиганда в оксигемоглобине. Озон, стереохимия и природа связей. Химическая активность в сравнении с кислородом (реакция с растворами иодидов). Классификация кислородных соединений и их общие свойства (в том числе бинарные соединения: супероксиды (гипероксиды, надпероксиды), пероксиды, оксиды, озониды). Пероксид водорода H_2O_2 , его КО и ОВ характеристика, применение в медицине. Соединения кислорода с фтором. Биологическая роль кислорода. Химические основы применения кислорода и озона, а также соединений кислорода в медицине и фармации.	Коллоквиум, письменные задания (конспект), реферат	1,5
----	---	---	--	--	-----

11	11. р-Элементы VIA группы (Сера). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.	11. Сера. Общая характеристика. Соединения серы в отрицательных степенях окисления. Сероводород, его КО и ОВ свойства. Сульфиды металлов и неметаллов, их растворимость в воде и гидролиз. Соединения серы (IV): оксид, хлорид, хлористый тионил, сернистая кислота, сульфиты и гидросульфиты. Их КО и ОВ свойства. Соединения серы (VI): оксид, гексафторид, сульфонилхлорид, сульфурилхлорид, серная кислота и ее производные – сульфаты, КО и ОВ свойства. Биологическая роль серы (сульфгидрильные группы и дисульфидные мо-сти в белках). Химические основы применения серы и ее соединений в медицине, фармации, фармацевтическом анализе.	Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект), реферат	1,5
	--	Выступление студентов по темам рефератов. (2 ч.)		

12	6. d-Элементы IV и IVB групп. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине. (2 ч.)	12. p-Элементы VIIA группы (галогены). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине. (2 ч.) Выступление студентов по темам рефератов.	12. p – Элементы VII группы (галогены). Общая характеристика группы. Особые свойства фтора как наиболее электроотрицательного элемента. Простые вещества, их химическая активность. Соединения галогенов с водородом. Растворимость в воде; KO и OV свойства. Ионные и ковалентные галиды, их отношение к действию воды, окислителей и восстановителей. Галогенид – ионы как лиганды в комплексных соединениях. Понятие о химизме бактерицидного действия хлора и йода. Применение в медицине, санитарии и фармацевции хлорной извести, хлорной воды, препаратов активного хлора, йода, а также соляной кислоты, фторидов, хлоридов, бромидов и йодидов. Биологическая роль фтора, хлора, брома и йода.	Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект), реферат	1,5
----	---	---	---	---	-----

(0,5 ч.), [1-3], [6-8]

13	<p>13 d-Элементы IV группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.</p> <p>Выступление студентов по темам рефератов.</p> <p>(2 ч.)</p>	<p>13. d – Элементы I группы. Соединения меди (I) и меди (II), их КО и ОВ характеристика, способность к комплексообразованию. Комплексные соединения меди (II) с аммиаком, аминокислотами, многоатомными спиртами. Комплексный характер медьсодержащих ферментов и химизм их действия в метаболических реакциях. Химические основы применения соединений меди в медицине и фармации.</p> <p>Соединения серебра, их КО и ОВ характеристики (бактерицидные свойства иона серебра). Химические основы применения соединений серебра в качестве лечебных препаратов.</p> <p>Золото. Соединения золота (I) и золота (III), их КО и ОВ характеристика, способность к комплексообразованию. Химические основы применения в медицине и фармации золота и его соединений.</p> <p>(1 ч.), [1-3], [6-8]</p>	<p>Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект), реферат</p>	1,5
----	---	--	--	-----

14	<p>7. d-Элементы VIB группы (Хром, молибден). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.</p> <p>(2 ч.)</p>	<p>14. d-Элементы IIIB группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.</p> <p>Выступление студентов по темам рефератов.</p> <p>(2 ч.)</p>	<p>1. d – Элементы II группы. Общая характеристика группы. Физические и химические свойства простых веществ.</p> <p>Цинк. Общая характеристика, химическая активность простого вещества; КО и ОВ характеристика соединений цинка. Комплексные соединения цинка. Комплексная природа цинксодержащих ферментов и химизм их действия. Химические основы применения в медицине и в фармации соединений цинка. Ртуть. Соединения ртути (I) и ртути (II), их КО и ОВ характеристика. Химизм токсического действия соединений кадмия и ртути. Химические основы применения соединений ртути в медицине и фармации.</p>	<p>Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект), реферат</p>	1,5
(1 ч.), [1-3], [6-8]					

15	--	<p>15. d-Элементы VIB группы (Хром, молибден). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.</p> <p>Выступление студентов по темам рефератов.</p> <p>(2 ч.)</p>	<p>15. d – Элементы VI группы. Хром. Соединения хрома в различных степенях окисления. Общие закономерности КО и ОВ свойств соединений d-элементов при переходе от низших степеней окисления к высшим на примере соединений хрома.</p> <p>Молибден и вольфрам, общая характеристика.</p> <p>Биологическое значение d-элементов VI группы.</p> <p>Химические основы применения соединений хрома, молибдена и вольфрама в фармации (фармацевтическом анализе).</p> <p>(0,5 ч.), [1-4], [6-8]</p>	<p>Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект), реферат</p>	1,5
----	----	--	--	--	-----

16	<p>8. d-Элементы VIIIB группы (Марганец). Химические свойства, биологическая роль и применение соединений в медицине.</p> <p>(2 ч.)</p>	<p>16. d-Элементы VIIIB группы (Марганец). Химические свойства, биологическая роль и применение соединений в медицине.</p> <p>Выступление студентов по темам рефератов.</p> <p>(2 ч.)</p>	<p>16. d – Элементы VII группы. Марганец. Соединения марганца (VI): мanganаты, их образование, термическая устойчивость, диспропорционирование в растворе и условия стабилизации.</p> <p>Соединения марганца (VII): марганцовая кислота, перманганаты, KO и OB свойства, продукты восстановления перманганатов при различных значениях pH, окисление органических соединений, термическое разложение.</p> <p>Химические основы применения калия перманганата и его раствора как антисептического средства и в фармацевтическом анализе.</p> <p>(0,5 ч.), [1-3], [8]</p>	<p>Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект), реферат</p> <p>1,5</p>
----	---	---	---	---

17	--	<p>17. d – Элементы VIII группы (семейство железа). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.</p> <p>Выступление студентов по темам рефератов. (2 ч.)</p>	<p>17. d – Элементы VIII группы. Железо. Комплексные соединения железа (II) и железа (III) с цианид- и тиоцианат- ионами. Гемоглобин и железосодержащие ферменты, химическая сущность их действия. Химические основы применения железа и железосодержащих препаратов в медицине и фармации. (1 ч.), [1-3], [8]</p>	Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект), реферат	1,5
18	<p>9. d – Элементы VIII группы (семейство железа). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине. (2 ч.)</p>	<p>18. d – Элементы VIII группы (семейство железа). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.</p> <p>Выступление студентов по темам рефератов. (2 ч.)</p> <p>2-ая РУБЕЖНАЯ АТ-ТЕСТАЦИЯ (КОМПЬЮТЕРНЫЙ ТЕСТ) (30 баллов)</p>	<p>18. d – Элементы VIII группы. Кобальт и никель. Важнейшие химические соединения. Химические основы применения соединений кобальта и никеля в медицине и фармации. (0,5 ч.), [1-3], [8]</p>	<p>Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект), реферат</p> <p>КОМПЬЮТЕРНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ</p>	<p>7,5 б. – реферат</p>
	18 часов	36 часов	18 часов		

5.2. Направление бакалавриата 04.03.01 Химия

Номер урока	Аудиторные занятия Наименование тем (вопросов)		Самостоятельная работа студентов	Формы контроля	Макс. Кол-во баллов
	Лекции, количество, часов	Практические занятия, количество часов			
1	1. Введение в химию биогенных элементов. Химические элементы биосферы. Макро-, микро- и ультрамикроэлементы. Биогеохимические провинции. Химические элементы в геосфере и биосфере. (2 ч.)	1. Химические элементы биосферы. Учение В. И. Вернадского о биосфере. Распространенность (кларки) химических элементов в природе. Макро- и микроэлементы в среде и в организме человека. Выступление студентов по темам рефератов. (2 ч.)	1. Химические элементы биосферы. Макро-, микро- и ультрамикроэлементы. Биогеохимические провинции. Химические элементы в геосфере и биосфере. Жизненно необходимые (незаменимые) элементы. Примесные элементы. (2 ч.) [1-3, 5, 8]	Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект), реферат	3

2	2. Классификация химических элементов. Общая характеристика s-элементов и их соединений. Общая характеристика p-элементов и их соединений. Общая характеристика d-элементов и их соединений. (2 ч.)	--	2. Общая характеристика s-элементов и их соединений. Общая характеристика p-элементов и их соединений. Общая характеристика d-элементов и их соединений. (2 ч.), [1-4, 8]	Письменные домашние задания (конспект)	1
3	3. Распространенность химических элементов в природе. Биологическая роль элементов в зависимости от положения в Периодической системе элементов Д. И. Менделеева. Топография важнейших биогенных элементов в организме человека. Биологическая роль химических элементов в организме. (2 ч.)	2. Классификация химических элементов. Соотношение химического состава живых организмов и окружающей среды. Общая характеристика s-элементов и их соединений. Общая характеристика p-элементов и их соединений. Общая характеристика d-элементов и их соединений. Закономерности распределения биогенных элементов по s-, p-, d-, f-блокам периодической системы Д. И. Менделеева. Выступление студентов по темам рефератов. (2 ч.)	3. Биологическая роль элементов в зависимости от положения в Периодической системе элементов Д. И. Менделеева. Закономерности распределения биогенных элементов по s-, p-, d-, f-блокам периодической системы Д. И. Менделеева. Топография важнейших биогенных элементов в организме человека. Биологическая роль химических элементов в организме. (3 ч.), [1-3, 6, 8]	Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект), реферат	3

4	<p>4. s-Элементы IA группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.</p> <p>(2 ч.)</p>	<p style="text-align: center;">- -</p>	<p>4. Водород. Вода как важнейшее соединение водорода, ее физические и химические свойства. Ак- вакомплексы и кристал- логидраты. Дистилли- рованная и апиrogenная вода, получение и приме- нение в фармации. При- родные и минеральные воды.</p> <p>s-элементы IA группы – металлы. Ионифоры и их роль в мембранном переносе калия и натрия. Ионы магния и кальция как комплексообразова- тели. Биологическая роль s-элементов-металлов в минеральном балансе ор- ганизма. Макро- и микро- s-элементы. Поступление элементов в организм с водой.</p> <p>(3 ч.), [1-3, 6, 7]</p>	<p>Письмен- ные домаш- ние задания (конспект)</p>	<p>1</p>
---	--	--	---	---	-----------------

5	<p>5. s-Элементы PA группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине. (2 ч.)</p>	<p>3. s-Элементы IA группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.</p> <p>s-Элементы PA группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.</p> <p>Водород. Вода как важнейшее соединение водорода, ее физические и химические свойства. Аквакомплексы и кристаллогидраты. Дистиллированная и апиригенная вода, получение и применение в фармации. Природные и минеральные воды.</p>	<p>5. Ионы щелочных и щелочноземельных металлов как комплексообразователи. Жесткость воды, единицы ее измерения, пределы, влияние на живые организмы и протекание реакций в водных растворах, методы устранения жесткости. Соединения кальция в костной ткани, сходство ионов кальция и стронция, изоморфное замещение (проблема стронция-90).</p>	<p>Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект), реферат</p>	3
		<p>s-элементы IA группы – металлы. Ионифоры и их роль в мембранном переносе калия и натрия. Ионы магния и кальция как комплексообразователи. Биологическая роль s-элементов-металлов в минеральном балансе организма. Макро- и микро-s-элементы. Поступление элементов в организм с водой.</p> <p>Выступление студентов по темам рефератов. (2 ч.)</p>	<p>(3 ч.), [1-3, 6, 7]</p>		

6	<p>6. р-Элементы IIIA группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.</p> <p>(2 ч.)</p>	<p style="text-align: center;">—</p>	<p>6. Бор. Борный ангидрид и борная кислота, равновесие в водном растворе. Тетраборат натрия. Эфиры борной кислоты. Биологическая роль бора. Антисептические свойства борной кислоты и ее солей.</p> <p>Алюминий. Общая характеристика. Простое вещество и его химическая активность. Разновидности оксида алюминия. Применение в медицине. Амфотерность гидроксида. Алуминаты. Ион алюминия как комплексобразователь. Безводные соли алюминия и кристаллогидраты. Особенности строения. Квасцы. Физико-химические основы применения алюминия в медицине.</p> <p>(3 ч.), [1-3, 6, 7]</p>	<p>1</p> <p>Письменные домашние задания (конспект)</p>
---	--	--------------------------------------	---	---

7	<p>7. р-Элементы IVA группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.</p> <p>(2 ч.)</p>	<p>4. р-Элементы IIIA группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.</p> <p>Выступление студентов по темам рефератов.</p> <p>(2 ч.)</p>	<p>7. Углерод. Активированный уголь как адсорбент. Соединения углерода (II). Соединения углерода (IV). Оксид углерода (IV), стереохимия и приroda связи, равновесия в водном растворе. Угловая кислота, карбонаты и гидрокарбонаты, гидрозлиз и термохимическое разложение. Соединения углерода с галогенами и серой. Четыреххлористый углерод, фосген, фреоны, сероуглерод и тиокарбонаты. Цианаты и тиоцианаты. Физические и химические свойства, применение.</p> <p>Биологическая роль углерода. Химические основы использования неорганических соединений углерода в медицине и фармации.</p>	<p>Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект), реферат</p>	3
---	---	---	---	--	---

			<p>Кремний. Общая характеристика. Основное отличие от углерода: отсутствие пи-связи в соединениях. Силициды. Соединения с водородом (силаны), окисление и гидролиз. Оксид кремния (IV). Силикагель. Кремневая кислота. Силикаты. Растворимость и гидролиз. Использование в медицине соединений кремния.</p> <p>Элементы подгруппы германия. Общая характеристика. Устойчивость водородных соединений. Свинец. Оксиды. Оксид свинца (IV) как сильный окислитель. Амфотерность гидроксидов. Растворимые и нерастворимые соли олова и свинца. ОВ реакции в растворах. Химизм токсического действия соединений свинца. Применение в медицине свинецсодержащих препаратов (свинца (II) ацетат, свинца (II) оксид).</p> <p>(4 ч.), [1-4], [6], [7]</p>		
--	--	--	---	--	--

8	<p>8. р-Элементы VA группы (Азот). Химические свойства, биологическая роль и применение соединений в медицине.</p> <p>(2 ч.)</p>	<p>8. Азот. Общая характеристика. Многообразие соединений с различными степенями окисления азота. Соединения с отрицательными степенями окисления. Нитриды. Аммиак, КО и ОВ характеристика, реакции замещения. Амиды. Аммиакаты. Свойства аминокислот как производных аммиака. Ион аммония и его соли, кислотные свойства, термическое разложение. Соединения азота в положительных степенях окисления. Оксиды. Стереохимия и природная связь. Способы получения. КО и ОВ свойства. Азотистая кислота и нитриты. КО и ОВ свойства. Азотная кислота и нитраты. КО и ОВ характеристики.</p> <p>Понятие о химических основах применения в медицине и фармации аммиака, закиси азота, нитрита и нитрата натрия.</p> <p>(4 ч.), [1-3], [6, 7]</p>	<p>Письменные задания (конспект)</p>	<p>1 +</p> <p>4 б. – реферат</p>
---	--	--	--------------------------------------	----------------------------------

9	9. р-Элементы VA группы (Фосфор). Химические свойства, биологическая роль и применение соединений в медицине. (2 ч.)	1-ая РУБЕЖНАЯ АТТЕСТАЦИЯ (КОМПЬЮТЕРНЫЙ ТЕСТ)	КОМПЬЮТЕРНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ	30
10	10. р-Элементы VIA группы (Кислород). Химические свойства, биологическая роль и применение соединений в медицине. (2 ч.)	9. Кислород. Общая характеристика. Роль кислорода как одного из наиболее распространенных элементов и составной части большинства неорганических соединений. Особенности электронной структуры молекулы кислорода. Химическая активность кислорода. Молекула O ₂ в качестве лиганда в оксигемоглобине. Озон, стереохимия и природа связей. Химическая активность в сравнении с кислородом	Письменные домашние задания (конспект)	1

			<p>(реакция с растворами иодидов). Классификация кислородных соединений и их общие свойства (в том числе бинарные соединения: супероксиды (гипероксиды, надпероксиды), пероксиды, оксиды, озониды).</p> <p>Пероксид водорода H_2O_2, его КО и ОВ характеристика, применение в медицине. Соединения кислорода с фтором. Биологическая роль кислорода. Химические основы применения кислорода и озона, а также соединений кислорода в медицине и фармации.</p> <p>(3 ч.), [1-3], [6-8]</p>		
--	--	--	--	--	--

11	<p>11. р-Элементы VIA группы (Сера). Химические свойства, биологическая роль и применение соединений в медицине.</p> <p>(2 ч.)</p>	<p>5. р-Элементы IVA (Углерод, кремний, свинец) и VA групп (Азот, фосфор). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.</p> <p>Выступление студентов по темам рефератов.</p> <p>(2 ч.)</p>	<p>10. Сера. Общая характеристика. Соединения серы в отрицательных степенях окисления. Сероводород, его KO и OВ свойства. Сульфиды металлов и неметаллов, их растворимость в воде и гидролиз. Соединения серы (IV): оксид, хлорид, хлористый тионил, сернистая кислота, сульфиты и гидросульфиты. Их KO и OВ свойства. Соединения серы (VI): оксид, гексафторид, сульфонилхлорид, сульфурилхлорид, серная кислота и ее производные – сульфаты, KO и OВ свойства. Биологическая роль серы (сульфгидрильные группы и дисульфидные мостики в белках). Химические основы применения серы и ее соединений в медицине, фармации, фармацевтическом анализе.</p> <p>(4 ч.), [1-3], [6-8]</p>	<p>Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект), реферат</p>	3
----	--	--	--	--	---

12	12. р-Элементы VIIA группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине. (2 ч.)	11. р – Элементы VII группы (галогены). Обшая характеристика группы. Особые свойства фтора как наиболее электроотрицательного элемента. Простые вещества, их химическая активность. Соединения галогенов с водородом. Растворимость в воде; КО и ОВ свойства. Ионные и ковалентные галиды, их отношение к действию воды, окислителей и восстановителей. Галогенид – ионы как лиганды в комплексных соединениях. Галогены в положительных степенях окисления. Соединения с кислородом и друг с другом. Взаимодействие галогенов с водой и водными растворами щелочей.	Письменные задания (конспект)	1
----	--	--	-------------------------------	---

			<p>Кислородные кислоты хлора и их соли, стереохимия и природа связей, устойчивость в свободном состоянии и в растворах, изменение КО и ОВ свойств в зависимости от степени окисления галогена. Хлорная известь, хлораты, броматы и йодаты и их свойства. Биологическая роль фтора, хлора, брома и йода.</p> <p>Понятие о химизме бактерицидного действия хлора и йода. Применение в медицине, санитарии и фармации хлорной извести, хлорной воды, препаратов активного хлора, йода, а также соляной кислоты, фторидов, хлоридов, бромидов и йодидов.</p> <p>(4 ч.), [1-3], [6], [8]</p>	
--	--	--	--	--

13	<p>13. d-Элементы IV группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.</p> <p>(2 ч.)</p>	<p>6. p-Элементы VIA группы (Кислород, сера) и VIIA группы (галогены). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.</p> <p>Выступление студентов по темам рефератов.</p> <p>(2 ч.)</p>	<p>12. d – Элементы I группы. Общая характеристика группы. Физические и химические свойства простых веществ. Соединения меди (I) и меди (II), их КО и ОВ характеристика, способность к комплексообразованию. Комплексные соединения меди (II) с аммиаком, аминокислотами, многоатомными спиртами. Комплексный характер медьсодержащих ферментов и химизм их действия в метаболических реакциях. Природа окраски соединений меди. Химические основы применения соединений меди в медицине и фармации.</p>	<p>Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект), реферат</p>	3
----	---	--	--	--	---

		<p>Соединения серебра, их КО и ОВ характеристики (бактерицидные свойства иона серебра). Способность к комплексообразованию, комплексные соединения серебра с галогенидами, аммиаком, тиосульфатами. Химические основы применения соединений серебра в качестве лечебных препаратов.</p> <p>Золото. Соединения золота (I) и золота (III), их КО и ОВ характеристика, способность к комплексообразованию. Химические основы применения в медицине и фармации золота и его соединений.</p> <p>(4 ч.), [1-3], [6-8]</p>	
--	--	--	--

14	<p>14. d-Элементы IIIB группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.</p> <p>(2 ч.)</p>	<p style="text-align: center;">--</p>	<p>13. Цинк. Общая характеристика, химическая активность простого вещества; КО и ОВ характеристика соединений цинка. Комплексообразование цинка. Содержащих ферментов и химизм их действия. Химические основы применения в медицине и в фармации соединений цинка.</p> <p>Ртуть. Общая характеристика, отличительные от цинка и кадмия свойства: пониженная химическая активность простого вещества, ковалентность образуемых связей с мягкими лигандами, образование связи между атомами ртути. Окисление ртути серой и азотной кислотой. Соединения ртути (I) и ртути (II), их КО и ОВ характеристика. Химизм токсического действия соединений кадмия и ртути. Химические основы применения соединений ртути в медицине и фармации.</p> <p>(3 ч.), [1-3], [6-8]</p>	<p>Письменные домашние задания (конспект)</p>	1
----	---	---------------------------------------	---	---	---

15	<p>15. d-Элементы VI группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.</p> <p>(2 ч.)</p>	<p>7. d-Элементы IV и IVB групп. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.</p> <p>Выступление студентов по темам рефератов.</p> <p>(2 ч.)</p>	<p>14. d – Элементы VI группы. Общая характеристика группы. Хром. Общая характеристика. Простое вещество и его химическая активность, способность к комплексобразованию. Соединения хрома в различных степенях окисления. Общие закономерности KO и OV свойств соединений d-элементов при переходе от низших степеней окисления к высшим на примере соединений хрома.</p> <p>Молибден и вольфрам, общая характеристика, способность к образованию изополи- и гетерополикислот; сравнительная окислительно-восстановительная характеристика соединений молибдена и вольфрама по отношению к соединениям хрома.</p> <p>Биологическое значение d-элементов VI группы. Химические основы применения соединений хрома, молибдена и вольфрама в фармации (фармацевтическом анализе).</p> <p>(4 ч.), [1-3], [6-8]</p>	<p>Коллоквиум, письменные домашние задания (конспект), реферат</p>	3
----	---	--	--	--	---

16	16. d-Элементы VIII группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине. (2 ч.)		15. Марганец. Общая характеристика. Химическая активность простого вещества. Способность к комплексообразованию. Соединения марганца в степенях окисления (II, IV, VI). Соединения марганца (VII): оксид, марганцовая кислота, перманганаты, KO и OВ свойства, продукты восстановления перманганатов при различных значениях pH, окисление органических соединений, термическое разложение. Химические осн новы применения калия перманганата и его раствора как антисептического средства и в фармацевтическом анализе. (4 ч.), [1-4], [6-8]	Письменные задания (конспект)	1
----	--	--	--	-------------------------------	---

17	<p>17. d-Элементы VIII группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.</p> <p>(2 ч.)</p>	<p>8. d-Элементы VIB (Хром) и VIII (Марганец) групп. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.</p> <p>Выступление студентов по темам рефератов.</p> <p>(2 ч.)</p>	<p>16. Общая характеристика VIII группы ПС. Деление d – элементов VIII группы на элементы семейства железа и платиновые металлы.</p> <p>Общая характеристика элементов семейства железа.</p> <p>Железо. Химическая активность простого вещества, способность к комплексообразованию.</p> <p>Соединения железа (II) и железа (III): КО и ОВ характеристика, способность к комплексообразованию. Гемоглобин и железосодержащие ферменты, химическая сущность их действия. Железо (VI). Ферраты, получение и окислительные свойства.</p>	<p>3 +</p> <p>4 б. – реферат</p>
----	---	--	---	----------------------------------

		<p>Химические основы применения железа и железосодержащих препаратов в медицине и фармации.</p> <p>Кобальт и никель. Химическая активность простых веществ в сравнении с железом. Соединения кобальта (II) и кобальта (III), никеля (II); КО и ОВ характеристика, способность к комплексообразованию. Никель и кобальт как микроэлементы. Химические основы применения соединений кобальта и никеля в медицине и фармации.</p> <p>(4 ч.), [1-3], [5-8]</p>		
--	--	---	--	--

18	<p>18. Платиновые металлы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине. (2 ч.)</p>	<p>9. Токсикологические и экологические аспекты действия неорганических веществ. Выступление студентов по темам рефератов (практическое занятие). (2 ч.)</p>	<p>2-ая РУБЕЖНАЯ АТ-ТЕСТАЦИЯ (КОМПЬЮТЕРНЫЙ ТЕСТ)</p>	КОМПЬЮТЕРНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ	30
	36 часов	18 часов	54 часа		100

**5.3. Распределение аудиторных занятий и самостоятельной работы по семестрам для студентов специальности
33.05.01 Фармация**

5.3.1. Тематический план лекций по семестрам

п/№	Наименование тем лекций	Объем в часах	Се-местр
1	Введение. Химические элементы биосферы. s-Элементы IA и IIA групп. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.	2	1
2	p-Элементы IIIA группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине. p-Элементы IVA группы (Углерод, кремний, свинец). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.	2	1
3	p-Элементы VA группы (Азот, фосфор). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.	2	1
4	p-Элементы VIA группы (Кислород, сера). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.	2	1
5	p-Элементы VIIA группы (галогены). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.	2	1
6	d-Элементы IB и IIB групп. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.	2	1
7	d-Элементы VIB группы (Хром, молибден). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.	2	1
8	d-Элементы VIIB группы (Марганец). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.	2	1
9	d – Элементы VIII группы (семейство железа). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.	2	1
	ИТОГО (всего – 18 часов аудиторных занятий)	18	

**5.3.2. Распределение практических (семинарских) занятий
по семестрам:**

№/№	Наименование тем практических занятий	Объем в аудит. часах	Се- местр
1	Введение. Химические элементы биосферы.	2	1
2	Классификация химических элементов. Соотношение химического состава живых организмов и окружающей среды.	2	1
3	s-Элементы IA группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.	2	1
4	s-Элементы IIA группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.	2	1
5	p-Элементы IIIA группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.	2	1
6	p-Элементы IVA группы (Углерод, кремний, свинец). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.	4	1
7	p-Элементы VA группы (Азот, фосфор). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.	4	1
8	p-Элементы VIA группы (Кислород, сера). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.	4	1
9	p-Элементы VIIA группы (галогены). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.	2	1
10	d-Элементы IB и IIB групп. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.	4	1
11	d-Элементы VIB группы (Хром, молибден). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.	2	1
12	d-Элементы VIIB группы (Марганец). Химические свойства, биологическая роль и применение соединений в медицине.	2	1
13	d – Элементы VIII группы (семейство железа). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.	4	1
	ИТОГО (всего – 36 часов аудиторных занятий)	36	

5.3.3. Распределение самостоятельной работы студента (СРС) по видам и семестрам:

п/№	Наименование вида СРС	Объем в часах	Се-местр
1	Работа с литературными и иными источниками информации по изучаемому разделу, в том числе в интерактивной форме (подготовка письменных домашних заданий – конспектов по темам занятий)	5	1
2	Подготовка и написание реферата	3	1
3	Подготовка к выступлению по вопросам коллоквиума	5	1
4	Работа с электронными образовательными ресурсами, размещенными на образовательном портале Университета	5	1
	ИТОГО (всего – 18 часов)	18	

5.4. Распределение аудиторных занятий и самостоятельной работы по семестрам для студентов направления 04.03.01 Химия

5.4.1. Тематический план лекций по семестрам

п/№	Наименование тем лекций	Объем в часах	Семестр
1	Введение в химию биогенных элементов. Химические элементы биосферы. Макро-, микро- и ультрамикроэлементы. Биогеохимические провинции. Химические элементы в геосфере и биосфере.	2	5
2	Классификация химических элементов. Общая характеристика s-элементов и их соединений. Общая характеристика p- элементов и их соединений. Общая характеристика d-элементов и их соединений.	2	5

3	Распространенность химических элементов в природе. Биологическая роль элементов в зависимости от положения в Периодической системе элементов Д. И. Менделеева. Топография важнейших биогенных элементов в организме человека. Биологическая роль химических элементов в организме.	2	5
4	s-Элементы IA группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.	2	5
5	s-Элементы IIA группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.	2	5
6	p-Элементы IIIA группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.	2	5
7	p-Элементы IVA группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.	2	5
8	p-Элементы VA группы (Азот). Химические свойства, биологическая роль и применение соединений в медицине.	2	5
9	p-Элементы VA группы (Фосфор). Химические свойства, биологическая роль и применение соединений в медицине.	2	5
10	p-Элементы VIA группы (Кислород). Химические свойства, биологическая роль и применение соединений в медицине.	2	5
11	p-Элементы VIA группы (Сера). Химические свойства, биологическая роль и применение соединений в медицине.	2	5
12	p-Элементы VIIA группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине.	2	5

13	d-Элементы IB группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине	2	5
14	d-Элементы IIB группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине	2	5
15	d-Элементы VIB группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине	2	5
16	d-Элементы VIIB группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине	2	5
17	d-Элементы VIIIB группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине	2	5
18	Платиновые металлы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине	2	5
	ИТОГО (всего – 36 часов аудиторных занятий)	36	

5.4.2. Распределение практических (семинарских) занятий по семестрам

№/№	Наименование тем практических занятий	Объем в аудит. часах	Семестр
1	Химические элементы биосферы. Учение В. И. Вернадского о биосфере. Распространенность (кларки) химических элементов в природе. Макро- и микроэлементы в среде и в организме человека. Выступление студентов по темам рефератов	2	5

2	Классификация химических элементов. Соотношение химического состава живых организмов и окружающей среды. Общая характеристика s-элементов и их соединений. Общая характеристика p-элементов и их соединений. Общая характеристика d-элементов и их соединений. Закономерности распределения биогенных элементов по s-, p-, d-, f-блокам периодической системы Д. И. Менделеева. Выступление студентов по темам рефератов	2	5
3	s-Элементы IA группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине. s-Элементы IIA группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине	2	5
4	p-Элементы IIIA группы. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине	2	
5	p-Элементы IVA (Углерод, кремний, свинец) и VA групп (Азот, фосфор). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине	2	5
6	p-Элементы VIA группы (Кислород, сера) и VIIA группы (галогены). Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине	2	5
7	d-Элементы IB и IIB групп. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине. Выступление студентов по темам рефератов.	2	5
8	d-Элементы VIB (Хром) и VIIB (Марганец) групп. Химические свойства, биологическая роль и применение их соединений в медицине. Выступление студентов по темам рефератов	2	5
9	Токсикологические и экологические аспекты действия неорганических веществ. Выступление студентов по темам рефератов (практическое занятие).	2	5
	ИТОГО (всего – 18 часов аудиторных занятий)	18	

5.4.3. Распределение самостоятельной работы студента (СРС) по видам и семестрам

п/№	Наименование вида СРС	Объем в часах	Се-местр
1	Работа с литературными и иными источниками информации по изучаемому разделу, в том числе в интерактивной форме (подготовка письменных домашних заданий – конспектов по темам занятий)	16	5
2	Подготовка и написание реферата	8	5
3	Подготовка к выступлению по вопросам коллоквиума	15	5
4	Работа с электронными образовательными ресурсами, размещенными на образовательном портале Университета	15	5
	ИТОГО (всего – 54 часа)	54	

5.5. Примерная тематика рефератов по дисциплине «Химия биогенных элементов»

1-ая рубежная аттестация:

1. Роль ионов калия и натрия в организме человека.
2. Биологическая роль соединений магния.
3. Биологическая роль кальция и его соединений.
4. Круговорот углерода в природе.
5. Азот и его круговорот в природе.
6. Круговорот фосфора в природе.
7. Экоотоксиканты Республики Северная Осетия-Алания.
8. Микроэлементы в продуктах питания.
9. Жизненно необходимые р- элементы.
10. Жизненно необходимые s- элементы.
11. Эндемические заболевания, связанные с аномальным содержанием некоторых элементов в окружающей среде.

12. Лекарственные препараты на основе координационных соединений металлов.

13. Жесткость воды, пределы, влияние на живые организмы и протекание реакций в водных растворах. Методы устранения жесткости.

14. Осмос. Роль осмоса в биосистемах.

15. Пероксид водорода: его биологическая и медицинская роль.

16. Строение, химические свойства и роль элементов-органогенов и их соединений в растительном и животном мире.

17. Углерод – основа химии живого вещества.

18. Токсическое действие свинца на живые организмы. Применение в медицине свинецсодержащих препаратов

19. Биологическая роль бора. Антисептические свойства борной кислоты и ее солей.

20. Физико-химические основы применения алюминия и его соединений в медицине.

21. Биологическая роль углерода. Химические основы использования неорганических соединений углерода в медицине и фармации.

22. Селен как необходимый микроэлемент.

23. Отравления, профзаболевания и физиологические нарушения в организме человека, связанные с загрязнением окружающей среды.

24. Проникновение токсикантов из окружающей среды в организм человека.

25. Накопление ядов из окружающей среды в организме человека.

2-ая рубежная аттестация:

1. Круговорот серы в природе.

2. Круговорот ртути в природе.

3. Токсичность соединений ртути.

4. Токсичность соединений таллия.

5. Биологическая роль селена.

6. Биологическая роль соединений азота.
7. Нитраты и нитриты, их влияние на живые организмы.
8. Биологическая роль соединений фосфора.
9. Биологическая роль соединений йода.
10. Биологическая роль соединений фтора.
11. Биологическая роль соединений хлора.
12. Биологическая роль соединений серы.
13. Биологическая роль соединений железа.
14. Биологическая роль соединений кобальта.
15. Биологическая роль соединений меди.
16. Биологическая роль соединений цинка.
17. Биологическое значение молибдена.
18. Жизненно необходимые d- элементы.
19. Применение соединений платины в медицине.
20. Токсическое действие соединений мышьяка на живые организмы.
21. Биологическая роль и применение галогенов и их соединений в медицине.
22. Роль координационных соединений в биосистемах.
23. Координационные соединения в составе лекарственных препаратов и витаминов.
24. Осмос. Роль осмоса в биосистемах.
25. Производные фосфорной кислоты в живых организмах.
26. Химические основы применения кислорода и озона, а также соединений кислорода в медицине и фармации.
27. Химические основы применения в медицине и фармации золота и его соединений.
28. Химизм токсического действия соединений кадмия и ртути.
29. Химические основы применения соединений ртути в медицине и фармации.
30. Химические основы применения калия перманганата и его раствора как антисептического средства и в фармацевтическом анализе.
31. Химические основы применения соединений хрома, молибдена и вольфрама в фармации (фармацевтическом анализе).

32. Химические основы применения соединений кобальта и никеля в медицине и фармации.

33. Гемоглобин и железосодержащие ферменты, химическая сущность их действия.

34. Химические основы применения железа и железосодержащих препаратов в медицине и фармации.

6. Введение в химию биогенных элементов

6.1. Макро-, микро- и ультрамикроэлементы

Изучение влияния различных химических элементов на организм животных и человека, а также исследование химических элементов как постоянных составных частей тканей и биологических жидкостей живых организмов началось во второй половине XIX века. Однако на научную основу проблема биологической роли химических элементов была поставлена академиком В. И. Вернадским. Изучая геохимические превращения в земной коре, он установил, что изменения, происходящие в верхних слоях земной коры, оказывают определенное влияние на химический состав живых организмов и протекание в них биологических реакций, а живые организмы в свою очередь обуславливают закономерные миграции химических элементов в природе. В дальнейшем учение о биологической роли химических элементов развили А. П. Виноградов, В. В. Ковальский, М. Я. Школьник, Е. Андервуд и др. В 70-е годы XIX века В. В. Ковальский определил **биогенные элементы как химические элементы, постоянно входящие в состав организмов и имеющие определенное биологическое значение**. Это значит, что данные элементы необходимы для построения и жизнедеятельности различных клеток и организмов. Из всех элементов периодической системы Д. И. Менделеева наиболее важную роль в осуществлении различных физиологических и патологических процессов играют: 10 металлов – Na, K, Mg, Ca, Zn, Mn, Fe, Co, Mo, Cu; а также 6 химических элементов – орга-

ногенов – Н, С, N, O, P и S, которые составляют основу всех биологически важных молекул и макромолекул. В настоящее время допускается, что в живых организмах встречаются все известные химические элементы, поэтому с совершенствованием методики анализа информация о наличии в живых организмах химических элементов будут расширяться. В отличие от химических элементов, составляющих основную массу живого существа, так называемых макроэлементов (С, О, Н, N, P, S, Ca, Na, Mg и т. д.), минеральные вещества, содержание которых в организмах очень мало и составляет 10^{-3} - $10^{-12}\%$, получили название микроэлементов. К последним относятся Mn, Cu, Zn, Co, Ni, I, F, Mo и многие другие. Элементы, содержащиеся в организмах в очень низких концентрациях (менее $10^{-12}\%$), иногда называют ультрамикроэлементами. Однако данная классификация не указывает на роль и значение в организме того или иного элемента. Незначительное содержание микроэлементов в составе организма вовсе не свидетельствует о том, что эти вещества являются случайными примесями или загрязнителями. Напротив, важнейшая биологическая роль многих наиболее изученных микроэлементов со временем выявляется все полнее. Макроэлементы поддерживают в живых организмах осмотическое давление, рН среды, ионное равновесие, кислотно-щелочное равновесие и т. д. Микроэлементы вместе с ферментами, гормонами, витаминами и другими биологически активными веществами участвуют в процессах роста, размножения, обмена нуклеиновых кислот, белков, жиров, углеводов и т. д. Биологические функции микроэлементов в живом организме связаны главным образом с процессами комплексообразования, происходящими между биологическими лигандами и ионами соответствующих металлов. Образование металлоорганических комплексов имеет важное биологическое значение, поскольку они принимают самое активное участие в обменных процессах, протекающих в организме. Известно, что способность микроэлементов к каталитическому действию повышается в миллионы раз, если они образуют органические комплексы. Многие вредные вещества, попадающие в организм извне, удаляются из организма с помощью лигандов, которые

связывают их в комплексы. Кроме того, комплексные соединения широко используются в качестве лекарственных препаратов. Достаточно привести для примера комплексные соединения платины цис- $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ и цис- $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$, которые обладают противоопухолевой активностью. Многие лекарственные средства действуют в организме как хелатирующие агенты, т. е. являются лигандами (этилендиаминтетрауксусная кислота – ЭДТА, дисульфирам и т. д.). Исследование протекающих в организме физиологических и патологических процессов с участием комплексных соединений, а также создание на основе комплексных соединений лекарственных препаратов является одной из важнейших задач бионеорганической химии. Нарушение баланса макро- и микроэлементов приводит к различным изменениям в состоянии организма. Например, дети отстают в физическом развитии, если в их организме наблюдается недостаток какого-либо одного из таких элементов, как K, Mg, Ca, Fe, Zn, Cu, Co, Cr. Снижение иммунных сил наблюдается при нарушении в организме баланса K, Ca, Cu, Mn, Co, Se, а состояние зубов зависит от содержания в организме Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, P. Поэтому в состав пищи должны входить минеральные вещества, за счет которых организм реализует свою потребность в химических элементах. Недостаток или избыток тех или иных химических элементов в организме человека позволяет врачу сделать заключение о том, правильно ли питается пациент, безопасна ли среда, в которой он живет, хорошо ли функционируют его желудочно-кишечной тракт, почки, печень.

6.2. Классификация химических элементов

Основные характеристики элементов (строение электронных оболочек, степень окисления, способность к комплексообразованию и т. д.) определяются положением этих элементов в периодической системе Д. И. Менделеева. Эти же характеристики лежат в основе физиологической и патологической роли элементов в организме человека.

Исходя из современной квантово-механической интерпретации периодической системы элементов Д. И. Менделеева, клас-

сификацию элементов проводят в соответствии с их электронной конфигурацией. Она основана на степени заполнения электронами различных электронных орбиталей (s, p, d, f). Исходя из этого, все элементы делят на s – , p – , d – , и f– элементы. У s – элементов происходит заполнение электронами s-подуровня. В зависимости от степени заполнения s-подуровня различают s^1 элементы (щелочные металлы) и s^2 элементы (щелочноземельные металлы). В периодической системе s-элементы расположены в IA и IIA группах. У p – элементов происходит заполнение электронами p-подуровня. В периодической системе p-элементы расположены в IIIA – VIIIA группах. У атомов s– и p-элементов валентные электроны находятся на внешнем энергетическом уровне. У d-элементов происходит заполнение электронами d-подуровня. Они расположены в IB – VIIIB группах периодической системы элементов; у атомов d-элементов валентные электроны размещены на s-подуровне внешнего и d-подуровне предвнешнего энергетических уровней. К f-элементам относятся элементы, в атомах которых электроны застраивают f-подуровень третьего снаружи энергетического уровня. В периодической системе элементов f-элементы расположены вне основной таблицы и составляют семейства лантаноидов и актиноидов.

6.2.1. Общая характеристика s-элементов и их соединений

s-Элементы расположены в IA и IIA группах периодической системы элементов Д. И. Менделеева (за исключением гелия, который находится в VIIIA группе). На внешнем электронном уровне у них имеется один (s^1 -элементы) или два (s^2 -элементы) электрона, которые легко отдают атомы s элементов, превращаясь в одно- (s^1 -элементы) и двухзарядные (s^2 -элементы) ионы. С увеличением числа валентных электронов на энергетическом уровне энергия ионизации атомов увеличивается (**энергия ионизации** – это энергия, необходимая для отрыва наименее связанного электрона от атома), а следовательно, восстановительные свойства атомов уменьшаются. Поэтому s^2 элементы являются более слабыми восстановителями, чем s^1 элементы. В группе восстановительные

свойства s-элементов увеличиваются сверху вниз, так как увеличивается число электронных слоев у атомов и уменьшается в том же направлении энергия ионизации. Радиусы ионов в подгруппах сверху вниз увеличиваются, а в периоде при переходе от s^1 – к s^2 элементам уменьшаются. Закономерности изменения радиусов ионов s-элементов в группе и периоде, строение их электронных оболочек влияют на характер связи между анионами и катионами s-элементов, растворимость их солей. Так как ионы s-элементов имеют устойчивую электронную оболочку типа инертных газов, то они обладают небольшой способностью к поляризации и сами являются слабыми поляризаторами. Под поляризацией понимается смещение электронного облака аниона под влиянием положительного заряда катиона:



Поляризующая способность катиона (т. е. его способность деформировать электронное облако аниона) зависит от заряда катиона и его размеров и пропорциональна плотности заряда на катине (ρ):

$$\rho = \frac{\text{заряд}}{\text{радиус}}$$

Из этой зависимости видно: чем больше заряд иона и меньше его радиус, тем больший поляризующий эффект оказывает ион и тем меньше он сам способен к поляризации. Для катионов щелочных металлов значения ρ приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1

Поляризующая способность катионов

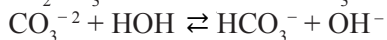
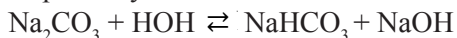
Ион	Заряд	Радиус, нм	Плотность заряда
Li ⁺	+1	0,060	16,7
Na ⁺	+1	0,095	10,5
K ⁺	+1	0,133	7,5
Rb ⁺	+1	0,148	6,8
Cs ⁺	+1	0,169	5,9

Как видно, поляризующая способность катионов при переходе от Li^+ к Cs^+ уменьшается. Вследствие высокой поляризующей способности катиона Li^+ соединения лития обладают наименее выраженным ионным характером по сравнению с однотипными соединениями других щелочных металлов. При возрастании поляризующих свойств катионов возрастает прочность связи с анионом и снижается растворимость соединений. Катионы s^1 -элементов имеют в своем периоде наименьший заряд (+1) и наибольший радиус, поэтому они не поляризуются сами и обладают малой поляризующей способностью. Большинство их солей растворимо в воде вследствие высокой полярности связи, близкой к ионной, осадки образуются только с большими, легко поляризующимися анионами. При переходе к катионам s^2 элементов поляризующие свойства усиливаются, так как увеличивается заряд (+2) и уменьшается радиус иона. Это приводит к увеличению прочности связи (связь приближается к ковалентной), а растворимость солей уменьшается. Катионы s^2 элементов образуют труднорастворимые осадки хроматов, карбонатов, сульфатов, оксалатов и т. д., которые имеют аналитическое значение и используются для разделения и обнаружения отдельных катионов s^2 -элементов. В воде катионы s -элементов гидратированы и образуют аквакомплексы ($[\text{Ca}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$) за счет электростатического притяжения дипольных молекул воды. Поскольку электронная оболочка ионов s -элементов имеет устойчивую конфигурацию инертного газа и лиганды (молекулы воды) мало влияют на состояние электронов, все они в водных растворах бесцветны.

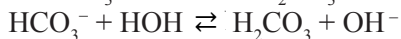
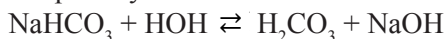
Зависимость энтальпий гидратации катионов s -элементов IA и IIA групп от их размеров показывает, что с увеличением заряда ионов энергия их гидратации возрастает, а с ростом размеров ионов падает. Ионы s -элементов в водных растворах могут образовывать комплексные соединения с органическими и неорганическими лигандами, например с 8-оксихинолином (LiOx , MgOx_2 , BaOx_2), с аммиаком $[\text{Mg}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2$. Но устойчивость этих комплексов мала, так как s -элементы образуют с лигандами связь, приближающуюся к ионной. Наименьшая устойчивость комплексных

соединений наблюдается у ионов с большим радиусом и малым зарядом (s^1 элементы). У катионов s^2 элементов с повышением заряда и уменьшением радиуса устойчивость комплексов увеличивается. Изменение радиуса иона оказывает большое влияние на его основные свойства. Гидроксиды катионов s -элементов обладают выраженными основными свойствами (кроме $\text{Be}(\text{OH})_2$), что объясняется непрочностью ионной связи $\text{Э} - \text{ОН}$. Поэтому s -элементы и называют щелочными и щелочноземельными металлами. Основные свойства гидроксидов усиливаются с увеличением радиуса иона, так как при этом ослабевает взаимное притяжение ионов металла и гидроксида, что облегчает процесс ионизации соединения. Поэтому в подгруппе основность гидроксидов s -элементов возрастает сверху вниз (например, от LiOH к CsOH), а в периоде она возрастает при переходе от s^2 - к s^1 -элементу. Так, во втором периоде LiOH – сильное основание, $\text{Be}(\text{OH})_2$ амфотер; в третьем периоде NaOH – сильное основание; $\text{Mg}(\text{OH})_2$ – основание средней силы; в четвертом периоде KOH – сильное основание, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – сильное основание с менее выраженными основными свойствами, чем у KOH . Растворимость гидроксидов s -элементов связана также с изменением радиуса иона. С увеличением поляризующей способности иона увеличивается прочность связи катиона с гидроксид-ионом и уменьшается растворимость основания. Поэтому гидроксид катиона s^2 элемента обладает меньшей растворимостью, чем гидроксид катиона s^1 -элемента того же периода. Соли s -элементов подвергаются гидролизу в том случае, когда соль образована сильным основанием (щелочные и щелочно-земельные металлы) и слабой кислотой. При растворении такой соли в воде катионы подвергаются сильной гидратации и соль полностью диссоциирует. Образовавшиеся анионы слабой кислоты, являясь сильным основанием, протонируются молекулами воды, образуя слабую кислоту и гидроксид-ионы: $\text{A}^- + \text{HON} \rightleftharpoons \text{HA} + \text{OH}^-$. Растворы таких солей имеют щелочную реакцию среды. Гидролиз в данном случае идет по аниону. Так, гидролиз соли карбоната натрия может быть выражен уравнениями в молекулярной и ионной форме.

Первая ступень:



Вторая ступень:

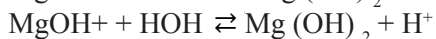
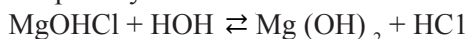


Однако в обычных условиях гидролиз практически ограничивается первой ступенью. Это объясняется тем, что ионы HCO_3^- диссоциируют гораздо труднее, чем молекулы H_2CO_3 . Лишь при сильном разбавлении и нагревании следует учитывать гидролиз образовавшейся кислой соли. С уменьшением силы основания s-элемента увеличивается способность катиона вступать в протолитическое взаимодействие с молекулами воды. Поэтому соли магния способны гидролизываться по катиону с образованием основной соли, если соль образована анионом сильной кислоты.

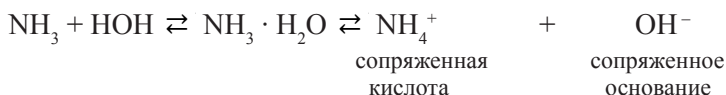
Первая ступень:



Вторая ступень:



Гидролиз протекает главным образом по первой ступени. Растворы таких солей имеют кислую реакцию среды. Ионы s-элементов устойчивы к действию окислителей и восстановителей, окислительно-восстановительные реакции для них не характерны. По величине радиуса и многим химическим свойствам к катионам s¹-элементов близки аммоний-ионы NH_4^+ , поэтому их аналитические свойства рассматривают совместно со свойствами катионов s¹-элементов. Водные растворы аммиака имеют щелочную реакцию среды, так как аммиак частично вступает в реакцию протолиза с молекулами воды, образуя сопряженную пару кислота – основание:

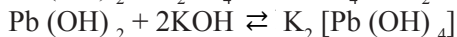
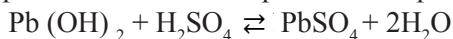


Присоединение протона к молекуле аммиака происходит за счет неподеленной пары электронов атома азота, обобщаемой по типу донорно- акцепторного взаимодействия. Соли аммония подвергаются гидролизу по катиону, образуя гидратированный протон (оксоний-ион) и аммиак, вследствие чего их растворы имеют кислую реакцию среды:



6.2.2. Общая характеристика р-элементов и их соединений

К р-элементам относятся элементы IIIA – VIIIA групп периодической системы Д. И. Менделеева. Если гидроксиды s-элементов обладают основными свойствами, то для гидроксидов р-элементов характерны амфотерные свойства. В группах с увеличением атомного номера элемента (с возрастанием металлических свойств элементов) основная функция оксидов и гидроксидов возрастает; если один и тот же элемент образует несколько различных по составу гидроксидов, то основные свойства выражены более сильно у гидроксида, в котором степень окисления элемента ниже; например, $\text{Pb}(\text{OH})_2$ – более сильное основание по сравнению с $\text{Pb}(\text{OH})_4$; при этом последний проявляет амфотерные свойства.



р-Элементы (кроме Al) образуют катионы различных степеней окисления. Алюминий во всех своих устойчивых соединениях проявляет степень окисления, равную +3. Для сурьмы и висмута, например, возможные степени окисления равны +5, +3; для олова и свинца +2 и +4. В группе с возрастанием атомного номера устойчивость соединений в максимальной степени окисления р-металла уменьшается; например, для Bi наиболее характерна степень окисления +3. Катионы р-элементов обладают сильным поляризующим действием вследствие увеличения заряда ядра и уменьшения радиуса. Высокое поляризующее действие катионов р-элементов обуславливает образование многих соединений с ковалентными связями, обладающих малой растворимостью в воде (сульфиды,

фосфаты, гидроксиды и др.). Их соли с сильными кислотами хорошо растворимы в воде, за исключением сульфата и хлорида свинца. Катионы р-элементов бесцветны, однако вследствие высокой поляризующей способности могут образовывать окрашенные соединения с рядом бесцветных анионов (сульфиды, йодиды). Соли р-элементов обладают высокой способностью к реакции гидролиза по катиону. Степень гидролиза солей повышается с понижением степени окисления элементов. Катионы р-элементов склонны к образованию комплексных соединений вследствие наличия свободных р-орбиталей и высоких поляризующих свойств. Они образуют комплексные соединения как с неорганическими (йодид-, бромид-, хлорид- ионы), так и с органическими лигандами. Обладая переменной валентностью, р-элементы легко вступают в реакции окисления-восстановления. В силу амфотерности гидроксиды р-элементов переходят в анионы кислородных кислот в щелочной среде. В виде катионов они существуют в основном в кислой среде, поэтому обнаружение катионов р-элементов следует проводить в кислой или нейтральной среде. Высокой способностью к образованию анионов обладают р-элементы, расположенные в верхнем правом углу таблицы Д. И. Менделеева. Поскольку р-элементы имеют переменную степень окисления, они способны к образованию различных кислот, причем сила кислот возрастает с увеличением степени окисления элемента. Большинство р-элементов образует кислородные кислоты (H_2SO_4 , HNO_3 и др.), и только элементы VIA и VIIA групп могут образовывать бескислородные кислоты, представляющие собой растворы их соединений с водородом (HF , HBr , HCl , H_2S и др.). По окислительно-восстановительным свойствам анионы делят на анионы-окислители, в которых элемент имеет высшую степень окисления (NO_3^-), анионы-восстановители с низшей степенью окисления (Cl^- , Br^- , S^{2-}) и нейтральные анионы, не проявляющие ни окислительных, ни восстановительных свойств (CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}). Серная кислота в концентрированном виде может проявлять свойства окислителя. Окислительно-восстановительные свойства некоторых анионов (SO_3^{2-} , NO_2^-) зависят от условий проведения реакций и могут меняться.

6.2.3. Общая характеристика d-элементов и их соединений

В периодической системе элементов Д. И. Менделеева в настоящее время насчитывается 40 d-элементов: в четвертом, пятом, шестом и седьмом периодах находится по 10 d-элементов. Располагаются они между s- и p-элементами. Характерной особенностью d-элементов является то, что в их атомах заполняются орбитали не внешнего слоя (как у s- и p-элементов), а предвнешнего. У d-элементов валентными являются энергетически близкие девять орбиталей: одна ns-орбиталь, три np-орбитали и пять $(n - 1)$ d-орбиталей. На внешнем уровне атомы d-элементов имеют, как правило, по два электрона s^2 . Однако у девяти d-элементов (Nb, Rh, Cr, Mo, Ru, Pt, Cu, Ag и Au) в результате «провала» одного электрона на внешнем уровне остается по одному электрону s^1 . В атоме палладия имеет место «двойной провал», соответственно внешний уровень его не содержит электронов.

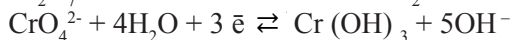
Подобное строение электронных оболочек атомов d-элементов определяет ряд их общих свойств. Все d-элементы – металлы. Но металлические свойства у них выражены слабее, чем у s-элементов. В каждом большом периоде d-элементы образуют семейства из 10 d-элементов, состоящие из двух подсемейств ($s^2 d^1 - s^2 d^5$ и $s^2 d^6 - s^2 d^{10}$). Все d-элементы, за исключением Zn, Cd, Sc, Y, Ag, проявляют переменную степень окисления. Почти для всех d-элементов, в частности, возможна степень окисления +2 и +3. С химической точки зрения для d-элементов характерны три основные черты: склонность к проявлению окислительно-восстановительных свойств; кислотно-основные свойства и амфотерность; высокая способность к комплексообразованию.

Окислительно-восстановительные свойства

Все d-элементы, как и все металлы, – восстановители. Их восстановительная способность определяется как строением электронных конфигураций, так и размерами ионов.

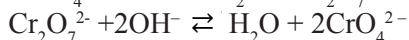
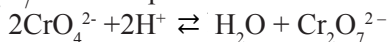
Поскольку стандартные электродные потенциалы всех d-элементов, имеют отрицательные значения (кроме меди), они должны растворяться в 1 н. растворах кислот с выделением водо-

рода. Металлы, имеющие отрицательные потенциалы, окисляются на воздухе; металлы, имеющие положительные потенциалы, окисляются гораздо медленнее или практически вовсе не окисляются (Pt, Au). Соединения d-элементов в своей высшей степени окисления обладают сильными окислительными свойствами. Например, соединения хрома (VI) – сильные окислители и в окислительно-восстановительных процессах переходят в производные хрома (III) в кислой и щелочной средах:



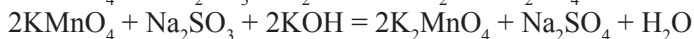
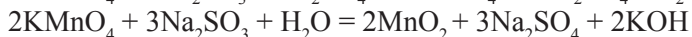
Наибольшая окислительная активность соединений хрома (VI) наблюдается в кислой среде.

Хромат-ионы CrO_4^{2-} способны переходить в дихромат-ионы $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ и наоборот:



В хроматах и дихроматах степень окисления хрома равна +6, но дихромат-ионы $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ существуют в кислой среде, а хромат-ион CrO_4^{2-} в щелочной.

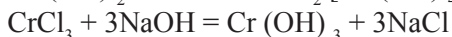
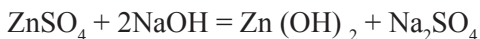
Сильными окислительными свойствами обладают и соли марганцевой кислоты HMnO_4 , называемые перманганатами. Наиболее широко применяется перманганат калия KMnO_4 . В зависимости от pH среды восстановление перманганатов может протекать с образованием различных конечных продуктов. В кислой среде восстановление происходит до иона двухвалентного марганца, в нейтральной – конечным продуктом является обычно гидратированный оксид марганца MnO_2 , а в сильнощелочной среде образуется непрочный манганат-ион:



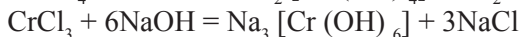
Окислительные свойства растворов перманганата калия применяют для количественного определения восстановителей – солей железа (II), пероксида водорода, сульфитов, нитритов, щавелевой кислоты, хлоридов, йодидов и др.

Кислотно-основные свойства

В химических реакциях с участием d-элементов образование связи обусловлено как s-электронами, так и всеми или частью d-электронов. При этом возникают соединения с различными валентными состояниями d-элементов. Например, TiCl_2 , TiCl_3 и TiCl_4 . То же самое касается и гидроксидов металлов, которых у каждого d-элемента может существовать по несколько в зависимости от степени окисления. Степень окисления резко сказывается на кислотно-основных свойствах гидроксидов. Гидроксиды, в которых d-элемент находится в низкой степени окисления, обычно проявляют основные свойства, а если d-элемент находится в высшей степени окисления, то гидроксиды обладают кислотными свойствами. Граница между теми и другими чаще всего соответствует степеням окисления +3 и +4 и смещается к более низким степеням окисления с ростом атомного номера. Гидроксиды, отвечающие этим степеням окисления, часто амфотерны. Растворение амфотерных гидроксидов в растворах щелочей протекает с образованием комплексных соединений:



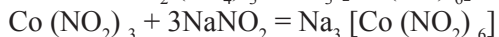
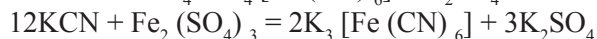
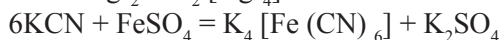
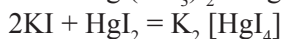
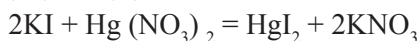
Реакции образования комплексных соединений вышеприведенных уравнений можно выразить следующим уравнением:



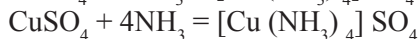
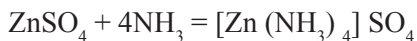
Способность к комплексообразованию.

Все d-элементы – активные комплексообразователи. Максимум способности к комплексообразованию приходится на те d-элементы, которые расположены в VIIIВ группе (Fe, Co, Ni, Pt и др.). К ним примыкают элементы VIB и VIIВ групп. Это элементы с незаполненными d-подуровнями. При переходе вдоль большого периода отчетливо наблюдается возрастание способности к комплексообразованию в обоих направлениях к центру периода. Хотя

элементы малых периодов (s- и p- элементы) – значительно худшие комплексообразователи, но и у них наибольшая склонность к комплексообразованию приходится примерно на середину периода. При переходе вниз по группе В способность к комплексообразованию изменяется сложным путем. Она связана с зарядом иона, его радиусом. Невысокие заряды ионов и их большие радиусы приводят к уменьшению прочности комплексных ионов, но при этом часто наблюдается большее разнообразие комплексных соединений. Наоборот, высокозарядные ионы и их малые радиусы способствуют увеличению прочности комплексов, но при этом снижается число возможных комплексных соединений. Устойчивыми соединениями являются комплексы Hg (II), Fe (II), Fe (III), Co (III), Ni (II):



d-Элементы могут образовывать нейтральные, катионные и анионные комплексы. Для некоторых d-элементов комплексообразование проявляется даже в поведении их ионов по отношению к воде. Известно, что безводный ион Cu^{2+} бесцветен. Но растворение обезвоженных солей меди (II) в воде сопровождается образованием голубых аквакомплексов $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$. Наиболее устойчивыми катионными комплексами являются аминокомплексы типа $[\text{Э}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ и $[\text{Э}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$, легко образующиеся под действием аммиака на растворы солей:



Из нейтральных комплексов d-элементов имеют важное значение цис-дихлородиамминплатина $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ и цистетрахлородиамминплатина $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_4]$, обладающие противоопухолевой активностью.

7. Распространенность химических элементов в природе

Биологическая роль химических элементов всесторонне была описана в трудах крупнейшего русского ученого, академика В. И. Вернадского, положившего начало данным исследованиям в конце XIX века. С тех пор появилось много исследований, касающихся распределения химических элементов в почвах и водах, в растительных и животных организмах. Наука, изучающая роль живых организмов в геохимических процессах миграции, распределения, рассеяния и концентрации химических элементов в оболочках биосферы, называется **биогеохимией**. По В. И. Вернадскому, **биосфера** – это определенно организованная среда, переработанная жизнью и космическими излучениями и приспособленная к жизни. В современном понимании биосфера – это своеобразная оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и ту часть вещества планеты, которая находится в непрерывном обмене с этими организмами. Биосфера охватывает нижнюю часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы (до глубины 5 км). Атмосфера – наиболее легкая оболочка Земли, которая граничит с космическим пространством, через атмосферу осуществляется обмен вещества и энергии с космосом. Атмосфера имеет высокую подвижность, изменчивость составляющих ее компонентов, своеобразие физико-химических процессов. Тепловой режим поверхности Земли определяется состоянием атмосферы. Озоновый слой в составе атмосферы защищает нашу планету от воздействия ультрафиолетового излучения Солнца. В результате деятельности живых организмов, геохимических явлений и хозяйственной деятельности человека состав атмосферы находится в состоянии динамического равновесия. Главными компонентами атмосферы являются азот (78%), кислород (21%), аргон (0,9%) углекислый газ (0,04%) – в приземном слое. Атмосфера включает тропосферу, стратосферу и ионосферу. Тропосферу и стратосферу обычно объединяют в нижние слои атмосферы (высота 9-17 км), которые существенно отличаются по составу от верхних слоев (ионосферы). В нижних слоях атмосферы сосредоточено около

80% газов и весь водяной пар. Тропосфера – неравновесная химически активная система. В результате геологических и биологических процессов и деятельности человека большинство газообразных примесей, выделяемых с поверхности Земли в тропосферу, находится в восстановленной форме или в виде оксидов: NO, NO₂, H₂S, NH₃, CO, CH₄, SO₂ и др. Возвращаемые на поверхность Земли примеси превращаются в соединения в высокой или чаще в высшей степени окисления – H₂SO₃, HNO₃, сульфаты, нитраты, CO₂, SO₂ и т. д. Таким образом, тропосфера играет на планете роль глобального окислительного резервуара. Гидросфера – водная оболочка Земли. Вода проникает повсеместно в различные природные образования и даже наиболее чистые атмосферные воды содержат от 10 до 50 мг/л растворимых веществ. В гидросфере 96,54% массы составляют кислород и водород, 2,95% – хлор и натрий. Концентрация того или иного элемента в воде еще ничего не говорит о том, насколько он важен для растительных и животных организмов. В этом отношении ведущая роль принадлежит азоту, фосфору и кремнию, которые усваиваются живыми организмами. Литосфера – внешняя твердая оболочка Земли, состоящая из осадочных и магматических пород. Поверхностный слой литосферы, в котором осуществляется взаимодействие живой материи с минеральной (неорганической), представляет собой почву. Остатки организмов после разложения переходят в гумус (плодородную часть почвы). В литосфере наиболее распространен кислород (47% ее массы), за ним идут кремний (29,5%), алюминий (8,05%), железо (4,65%), кальций (2,96%), натрий (2,50%), калий (2,50%) и магний (1,65%). На долю этих восьми элементов приходится более 99% массы литосферы. В природе всегда существует круговорот химических элементов, где огромную роль играют живые организмы. Живые организмы непрерывно вызывают перемещение химических элементов – это их геохимическая функция. Любое перемещение химических элементов в земной коре называется миграцией химических элементов. Когда эта миграция совершается с участием живых организмов, ее называют биогенной. В числе наиболее важных задач биогеохимии следует

назвать обмен веществ между живым веществом и материей планеты, биогенную миграцию химических элементов в биосфере, биогенные свойства элементов, биогенные концентрации химических элементов, определяющих нормальные условия развития организмов. Большой вклад в развитие биогеохимии внесли А.П. Виноградов, А. Е. Ферсман и др. ученые.

В среднем химическом составе живого существа на долю кислорода, углерода, водорода и азота приходится около 97% его массы (табл. 7.1) Важнейшей особенностью этих химических элементов является их большая реакционная способность. Эти четыре элемента обладают одним свойством: легко образуют ковалентные связи. Кроме того, углерод, азот и кислород образуют одинарные и двойные связи, благодаря которым они могут давать самые разнообразные химические соединения. Атомы углерода способны также образовывать тройные связи как с другими углеродными атомами, так и с атомами азота. Этим объясняется большое разнообразие в природе соединений углерода. Энергично захватываются и накапливаются организмами также фосфор, сера, хлор, бром, йод, кальций, натрий, калий, магний и др.

Таблица 7.1

**Содержание (%) некоторых химических элементов
в гидросфере, литосфере и в организме человека**

Химический элемент	Гидросфера	Литосфера	Организм человека
Кислород	85,82	47,20	62,40
Водород	10,72	0,15	9,80
Хлор	1,89	0,045	0,15
Натрий	1,06	2,64	0,15
Магний	0,14	2,10	0,05
Цинк	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$
Железо	$5 \cdot 10^{-6}$	5,10	$3 \cdot 10^{-3}$
Сера	0,09	0,09	0,25
Кальций	0,04	3,60	1,50
Калий	0,04	2,60	0,35
Бром	$7 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$

Углерод	$2 \cdot 10^{-3}$	0,10	21,15
Бор	$5 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-5}$
Фтор	$1 \cdot 10^{-4}$	0,027	$1 \cdot 10^{-4}$
Кремний	$5 \cdot 10^{-5}$	27,6	$1 \cdot 10^{-5}$
Азот	$1 \cdot 10^{-5}$	0,01	3,10
Фосфор	$5 \cdot 10^{-6}$	0,08	0,95
Йод	$5 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$
Медь	$2 \cdot 10^{-6}$	0,01	$1,4 \cdot 10^{-4}$
Алюминий	$1 \cdot 10^{-6}$	8,80	$1 \cdot 10^{-5}$
Марганец	$4 \cdot 10^{-7}$	0,09	$2,8 \cdot 10^{-5}$
Никель	$3 \cdot 10^{-7}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-6}$
Кобальт	$1 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-6}$
Молибден	$1 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-6}$
Серебро	$1 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-6}$
Радий	$1 \cdot 10^{-14}$	$1 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-12}$

В. И. Вернадский отмечал, что живые организмы избирательно ассимилируют из внешней среды необходимые элементы, концентрируя их в определенных органах и тканях. Так, например, большинство микроэлементов в максимальных концентрациях содержится в ткани печени, в связи с чем печень рассматривают как функциональное «депо» микроэлементов в организме. Костная и мышечная ткани, хотя и содержат в процентном отношении меньше микроэлементов, однако, составляя основную массу организма, являются главным «депо» для большинства микроэлементов. Отдельные элементы проявляют особое химическое сродство по отношению к некоторым тканям и содержатся в них в больших количествах. Например, в составе костей и зубов накапливается кальций, цинк в высоких концентрациях обнаруживают в поджелудочной железе; молибден – в почках; барий – в сетчатой оболочке глаза; йод – в щитовидной железе; марганец, бром и хром – в гипофизе и т. д. Для нормального протекания физиологических процессов в организме должна поддерживаться определенная степень насыщения его тканей микроэлементами.

8. Соотношение химического состава живых организмов и окружающей среды

История развития живых существ, впервые возникших в водной среде, дает все основания считать, что минеральные вещества, являющиеся составными компонентами гидросферы, в тех или иных количествах должны входить и в состав животных организмов. Действительно, все приведенные в табл. 7.1 элементы обнаружены в составе морских животных. Наряду с гидросферой и атмосферой субстратом жизни являются почвы и осадки дна водных бассейнов. В. И. Вернадским было разработано учение о связи между химическим составом земной коры и химическим составом живых организмов. Он показал, что среда и организм неразрывно связаны общей историей атомов химических элементов. По В. И. Вернадскому, геохимические процессы, протекающие непрерывно в земной коре, и эволюция химического элементного состава организмов являются сопряженными процессами. Химический элементарный состав организмов непрерывно связан с химическим составом земной коры. Глубокие и детальные исследования закономерностей распространения химических элементов в биосфере и их роли в развитии организмов принадлежат А. П. Виноградову. Наибольшая доля в составе живого вещества организмов приходится на кислород (62,4%), углерод (21,15%) и водород (9,8%); гораздо меньше содержится азота, кремния, алюминия, железа, кальция, марганца, серы, фосфора, хрома, магния, калия, натрия, хлора и других элементов. А. П. Виноградов указал на возможность наличия всех известных химических элементов и их изотопов, радиоактивных и нерадиоактивных, в составе организма. Содержание элемента в живом веществе пропорционально составу среды, с поправкой на растворимость соединений, в которые входят эти элементы. На фоне качественной избирательности можно заметить, что основную массу организмов составляют те химические элементы, которые легко образуют газы и водорастворимые соединения, очень подвижные в условиях биосферы. Те элементы, которые не дают в

условиях биосферы легкорастворимых соединений, встречаются в организмах в ничтожных количествах, например алюминий, кремний, титан, принадлежащие к числу наиболее распространенных элементов земной коры. Напротив, водород, углерод, азот и фосфор, находящиеся в земной коре в весьма малых количествах, образуют растворимые, доступные соединения и в значительной степени концентрируются в организмах. Большинство микроэлементов содержится в живом веществе (на сухую массу) в значительно меньших количествах, чем в земной коре. Так, например, алюминий, кремний и титан благодаря малой растворимости и доступности их соединений содержатся в организмах в тысячи и десятки тысяч раз меньших количествах, чем в земной коре. Существуют организмы, избирательно накапливающие определенные элементы, благодаря чему они могут служить «индикаторами» химических условий среды (избирательное концентрирование стронция лучевиками, бария корненожками, ванадия моллюсками и т. д.). Учение о «биогеохимических провинциях», созданное А. П. Виноградовым, способствовало объяснению специфических различий животных и растительных организмов в известных ограниченных зонах и областях земной поверхности, характеризующихся недостатком или избытком некоторых микроэлементов. Это учение дало возможность понять суть ряда местных, эндемических заболеваний, уродств, морфологической изменчивости животных и человека, связанных с составом почв, вод и растительного покрова, и способствовало успехам в создании радикальных методов борьбы с этими заболеваниями. Достаточно вспомнить горные районы с большим дефицитом йода, что вызывает нарушение деятельности щитовидной железы и тяжелое заболевание людей (зобная болезнь).

Химические элементы, необходимые для построения органов и тканей и жизнедеятельности живых организмов, называются биоэлементами или биогенными. Биоэлементы классифицируются по двум основным группам. Первая группа – органогены, они составляют основу всех живых систем. К ним относятся 6 элементов: С, Н, О, N, P, S. Их доля в организме составляет 97,4%. Вторая

группа – жизненно необходимые (эссенциальные) элементы – это биометаллы (металлы жизни) – Na, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Co, Zn, Mn, Mo, V, а также неметаллы Cl, I. Основное их назначение – осуществлять жизненные процессы в живых организмах. По количественному содержанию биоэлементы делятся на макроэлементы, микроэлементы и примесные. Содержание макроэлементов в организме выше $10^{-2}\%$. К ним относятся: O, C, H, N, Ca, S, P, K, Mg, Fe, Na, Cl, Zn. Содержание микроэлементов в организме составляет 10^{-3} - $10^{-5}\%$. К этим элементам относятся I, Cu, Mn, Mo, Co, V, B, F, Br, Ba. Примесные элементы (ультрамикроэлементы) – элементы, которые постоянно содержатся в организме человека и животных в очень малых количествах, меньших $10^{-5}\%$. К ним относятся Al, As, Sb, Be, Si, Li, Sn, Cr, Pb, Cd, Ni, Ag, Hg, Sr, Se и др.

Топография элементов в организме чрезвычайно многообразна. Органы и ткани человека по-разному концентрируют в себе различные химические элементы. Большинство микроэлементов накапливаются в печени, костной и мышечной тканях. Некоторые элементы могут концентрироваться в больших количествах в определенных органах. Например, Zn – в поджелудочной железе, I – в щитовидной, F – в эмали зубов; Al, As, V – в волосах и ногтях; Cd, Hg, Mo – в почках; Ba – в пигментной сетчатке глаза; Br, Mn, Cr – в гипофизе и т. д. Макроэлементы C, H, O, N, S, P – входят в состав белков, нуклеиновых кислот и других биологически активных соединений. Кроме того, H и O являются составными частями воды, на долю которой приходится 65% от массы организма взрослого человека. C, H и O входят в состав углеводов и жиров. Ca концентрируется в костной ткани в виде $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ и в основном содержится в не клеточных жидкостях, а K и Mg – во внутриклеточных.

Большую долю вещества живых организмов составляют элементы, которые имеют довольно высокую распространенность в биосфере и земной коре (O, H, K, Ca, Mg, Na и др). Однако есть исключения (Si, Al – много в земной коре и микроколичества в живых организмах).

9. Биологическая роль химических элементов в зависимости от положения в периодической системе элементов Д. И. Менделеева

Возможность связать потребность организмов в определенных химических элементах со строением их атомов представляет исключительный интерес.

Выясняя закономерности распределения химических элементов в живых организмах, А. П. Виноградов показал, что в общей форме количественное содержание химических элементов в живом веществе обратно пропорционально их порядковым номерам. Доступность элементов для организмов определяется способностью к легкой растворимости и летучести, комплексообразованию и окислению-восстановлению. В подавляющем большинстве случаев при переходе от легких элементов к тяжелым в пределах одной и той же подгруппы возрастает токсичность элементов и параллельно этому падает их содержание в биомассе. Так, в организме человека присутствуют в основном ионы легких металлов Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , относящиеся к *s*-элементам, и ионы Mn^{2+} , Fe^{2+} , Co^{3+} , Zn^{2+} , относящиеся к *d*-элементам. И лишь содержащийся в организме тяжелый *d*-элемент молибден нарушает общую биогеохимическую установку – построение биологических структур только из легких элементов. Таким образом, согласно А. П. Виноградову, количественный химический элементный состав живого вещества – это периодическая функция атомного номера.

Биологическая активность элементов во многом определяется их положением в периодической системе элементов Д. И. Менделеева, т. е. зависит от строения атомов элементов. Однако далеко не все стороны этой интересной зависимости достаточно хорошо изучены.

Среди *s*-элементов I группы периодической системы особое место занимает водород, входящий в состав абсолютного большинства важных молекул и макромолекул (белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды). Обращает на себя внимание количественное

распределение ионов натрия и калия между клетками и внеклеточной жидкостью: ионы натрия сосредоточены преимущественно во внеклеточной жидкости, а ионы калия – внутри клеток.

Для части *s*-элементов II группы имеют место явления замещения нормальных структурных компонентов костей (Ca, Mg) некоторыми элементами этой группы, не входящими в состав костной ткани (Sr, Ba, Ra). Из биологических функций достаточно глубоко изучено влияние ионов кальция на свертывание крови, нервно-мышечную возбудимость и сердечную мышцу. Попутно следует указать, что с нарастанием атомной массы увеличивается токсичность *s*-элементов II группы и уменьшается их процентное содержание в организме (так, содержание стронция в теле человека составляет $10^{-3}\%$, бария – $10^{-5}\%$, радия – $10^{-12}\%$).

Сходные отношения можно наблюдать и на примерах *p*-элементов. Так, бор не отличается значительной токсичностью для животных организмов, тогда как таллий является сильнейшим ядом.

Аналогично легкие *p*-элементы IV-VI групп (C, N, O, P, S) являются важнейшими биогенными элементами, в то время как тяжелые *p*-элементы (Sn, Pb, As, Sb, Bi, Se, Te) высокотоксичны для живых организмов. У *p*-элементов VII группы (F, Cl, Br, I) отмечается увеличение способности к образованию биологически активных органических соединений в связи с нарастанием атомной массы (йод входит в состав гормона щитовидной железы – тироксина).

Большинство *d*-элементов, т. е. элементов, расположенных в] побочных подгруппах периодической системы элементов, – это важнейшие биогенные микроэлементы (Си, Zn, Cr, Mn, Fe, Co, Mo и т. д.).

Как и для *s*- и *p*-элементов, для *d*-элементов характерна общая закономерность, заключающаяся в том, что с увеличением атомной массы усиливается токсичность элементов в данной группе периодической системы и уменьшается их процентное содержание в организме. Так, в организме человека менее токсичного цинка содержится примерно $10^{-3}\%$, более токсичного кадмия – $10^{-4}\%$,

а нормальное содержание ртути (самого токсичного элемента этой группы) не превышает $10^{-6}\%$.

Попытки установить связь между биологическим значением элементов и строением их атомов, а также поиски доказательств того, что некоторые необходимые для жизни элементы имеют определенные общие свойства атомного строения, несомненно, будут продолжаться. Есть все основания считать, что по мере расширения наших знаний удастся проникнуть в интереснейшую закономерность связи между строением элементов и их биологической активностью и составить периодическую систему биологических свойств элементов.

10. Классификация и топография химических элементов в организме

Химические элементы, необходимые для построения органов и тканей и жизнедеятельности живых организмов, называются биоэлементами или биогенными. Биоэлементы классифицируются по двум основным группам. Первая группа – **органогены**, они составляют основу всех живых систем. К ним относятся 6 элементов: С, Н, О, N, P, S. Их доля в организме составляет 97,4%. Вторая группа – жизненно необходимые (эссенциальные) элементы – это биометаллы (металлы жизни) – Na, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Co, Zn, Mn, Mo, V, а также неметаллы Cl, I. Основное их назначение – осуществлять жизненные процессы в живых организмах. По количественному содержанию биоэлементы делятся на **макроэлементы, микроэлементы и примесные**. Содержание макроэлементов в организме выше $10^{-2}\%$. К ним относятся: O, C, H, N, Ca, S, P, K, Mg, Fe, Na, Cl, Zn. Содержание микроэлементов в организме составляет 10^{-3} - $10^{-5}\%$. К этим элементам относятся I, Cu, Mn, Mo, Co, V, B, F, Br, Ba. Примесные элементы (ультрамикроэлементы) – элементы, которые постоянно содержатся в организме человека и животных в очень малых количествах, меньших $10^{-5}\%$. К ним

относятся Al, As, Sb, Be, Si, Li, Sn, Cr, Pb, Cd, Ni, Ag, Hg, Sr, Se и др.

Топография элементов в организме чрезвычайно многообразна. Органы и ткани человека по-разному концентрируют в себе различные химические элементы. Большинство микроэлементов накапливаются в печени, костной и мышечной тканях. Некоторые элементы могут концентрироваться в больших количествах в определенных органах. Например, Zn – в поджелудочной железе, I – в щитовидной, F – в эмали зубов; Al, As, V – в волосах и ногтях; Cd, Hg, Mo – в почках; Ba – в пигментной сетчатке глаза; Br, Mn, Cr – в гипофизе и т. д. Макроэлементы C, H, O, N, S, P – входят в состав белков, нуклеиновых кислот и других биологически активных соединений, Кроме того, H и O являются составными частями воды, на долю которой приходится 65% от массы организма взрослого человека. C, H и O входят в состав углеводов и жиров. Са концентрируется в костной ткани в виде $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ и в основном содержится в неклеточных жидкостях, а K и Mg – во внутриклеточных.

Большую долю вещества живых организмов составляют элементы, которые имеют довольно высокую распространенность в биосфере и земной коре (O, H, K, Ca, Mg, Na и др). Однако есть исключения (Si, Al – много в земной коре и микроколичества в живых организмах).

11. Биологическая роль s-элементов I и II групп

По содержанию в организме человека Na, K, Mg, Ca относятся к макроэлементам, Li – к микроэлементам.

Литий. По содержанию в организме человека ($10^{-4}\%$) литий относится к микроэлементам. Он концентрируется в лимфоузлах, легких, печени, головном мозге, в мышцах. Биологическая роль лития выяснена недостаточно. Имеются сведения, что литий способствует высвобождению ионов магния и тормозит передачу нервных импульсов, снижая этим возбудимость центральной нерв-

ной системы. Установлено, что литий влияет на нейроэндокринные процессы, жировой и углеводный обмен. Синергистом лития является натрий.

Натрий. В организме человека содержится около 60 г (0,08%) натрия. Из этого количества 44% приходится во внеклеточной жидкости и 9% – во внутриклеточной. Остальное – в костной ткани, в сыворотке крови, спинно-мозговой, глазной жидкостях, пищеварительных соках, желчи, почках, легких, мозге.

Ионы натрия играют важную роль в обеспечении постоянства внутренней среды организма, участвуют в поддержании постоянно-го осмотического давления биожидкостей (осмотический гомеостаз).

Фосфатная буферная система ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 - \text{NaH}_2\text{PO}_4$) обеспечивает кислотно-основное равновесие. Ионы Na^+ участвуют в регуляции водного обмена и влияют на работу ферментов. Вместе с ионами K^+ , Mg^{2+} и Ca^{2+} ионы Na^+ участвуют в передаче нервных импульсов через мембраны нервных клеток и поддерживают нормальную возбудимость мышечных клеток. NaCl – основной источник соляной кислоты для желудочного сока.

В организме натрий поступает в основном в виде поваренной соли, ежедневная потребность – 1 г, хотя среднее потребление достигает 4-7 г. Избыточное потребление NaCl способствует появлению гипертонии.

Концентрация ионов Na^+ внутри клетки в 15 раз меньше, чем во внеклеточной жидкости, а концентрация ионов K^+ в 35 раз выше внутри клетки, чем вне её.

Чтобы поддержать такое распределение, ионы Na^+ и K^+ должны непрерывно перемещаться, что обеспечивается работой натрий-калиевых насосов. Эти насосы, обеспечивающие перенос ионов через плазматическую мембрану против градиента концентрации, требуют большой затраты энергии. Поэтому перенос ионов Na^+ и K^+ через клеточные мембраны сопряжен с экзоэргонической реакцией гидролиза АТФ. Натрий-калиевый градиент обуславливает возникновение разности потенциалов на клеточной мембране.

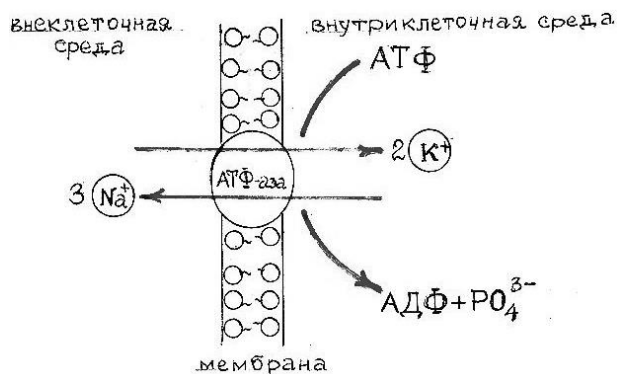


Рис. 11.1. Схема действия ионов Na^+ , K^+ – АТФ-азы и возникновения разности потенциалов на клеточных мембранах

За счет энергии гидролиза одной молекулы АТФ три иона Na^+ выводятся из клетки, а два иона K^+ поступают внутрь клетки.

Такой дисбаланс электрических зарядов и служит причиной возникновения разности потенциалов на мембране, в частности, нервных волокнах.

Калий. В организме человека содержится 160 г (0,23%) калия. Калий – основной внутриклеточный катион (2/3 от общего количества активных клеточных катионов). Из общего количества калия – 98% находится внутри клеток; 2% – во внеклеточной жидкости. Его топография – печень, почки, сердце, костная ткань, мышцы, кровь, мозг и т. д.

Ионы K^+ играют важную роль в физиологических процессах, сокращении мышц, нормальном функционировании сердца, проведении нервных импульсов, обменных реакциях. Ионы калия – важные активаторы ферментов, находящихся внутри клеток. Ионы Na^+ и K^+ принимают участие в биокатализе, образуя смешанные комплексы типа фермент – катион – субстрат. Калий образует комплексы с ферментами и субстратами, что играет важную роль в транспорте ионов. Как уже отмечалось, антибиотик валиномицин избирательно взаимодействует с ионом K^+ , образуя прочный комплекс (с ионами натрия в очень незначительной степени). В свя-

зи с этим, валиномицин можно рассматривать как биологическую модель переносчика ионов K^+ через плазматические мембраны в клетку.

С пищей обычно потребляется 2-3 г калия в сутки. При калиевом истощении применяют KCl.

Магний. В организме человека содержится около 20 г (0,027%) магния. В наибольшей степени магний концентрируется в дентине и эмали зубов, костной ткани, поджелудочной железе, скелетных мышцах, почках, мозге, печени и сердце. Концентрация ионов Mg^{2+} внутри клеток в 2,5-3 раза выше, чем во внеклеточных жидкостях.

Имея меньший радиус иона и, соответственно, больший ионный потенциал, ион Mg^{2+} образует более прочные связи с биолигандами, чем ион Ca^{2+} , поэтому является более активным катализатором ферментативных процессов. Ион Mg^{2+} входит в состав различных ферментативных систем, являясь активатором и незаменимым компонентом (в карбоксипептидазу, холинэстеразу и др.) Только избыток ионов Mg^{2+} может обеспечить гидролиз АТФ, сопряженный с рядом ферментативных реакций, образует гидрофостфат-ион HPO_4^{2-} с выделением большого количества энергии.

Кальций. Общее содержание кальция в организме 1,4%. Основная масса кальция находится в костной и зубной тканях.

Ионы Ca^{2+} принимают участие в передаче нервных импульсов, сокращении мышц и регулировании работы сердечной мышцы. Кальций практически не используется внутри клетки, он выступает в качестве строительного материала в организме. В костях и зубах он находится в виде нерастворимого гидроксоапатита – $Ca_5(PO_4)_3(OH)$. Минеральную основу зубных тканей (дентина) составляют также фтор-апатит $Ca_5(PO_4)_3F$ и хлорапатит $Ca_5(PO_4)_3Cl$.

Стронций. Общее содержание стронция в организме человека $10^{-3}\%$. Находится он главным образом в костной ткани, частично замещая кальций. Играет важную роль в процессах остеогенеза.

Барий. По содержанию в организме человека ($10^{-5}\%$) относится к примесным элементам. Он накапливается преимущественно в сетчатке глаза. Барий является токсичным для организма. Он оказывает нейротоксическое, кардиотоксическое и гемотоксическое

действие. Механизм токсического действия ионов бария заключается в том, что они, имея одинаковый радиус с ионами калия, конкурируют с ними в биохимических процессах и замещают их, что приводит к гипокалиемии.

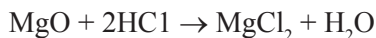
11.1. Применение неорганических соединений s-элементов I и II групп в медицине и фармации

1. **Litii carbonas** (лития карбонат) Li_2CO_3 . Соли лития предложены давно для лечения подагры и растворения почечных камней. Установлено, что препараты лития обладают способностью купировать острое маниакальное возбуждение у психически больных. Дозы Li_2CO_3 устанавливаются индивидуально, постоянно проводя лабораторные исследования содержания лития в сыворотке крови. Во время лечения карбонатом лития возможно временное увеличение массы тела и формирование зоба, возможны нарушения функции почек, увеличение концентрации лития в крови. Выпускают Li_2CO_3 в форме таблеток, покрытых оболочкой по 0,3 г.

2. **Natrii chloridum** (натрия хлорид) NaCl . Натрия хлорид содержится в крови и в тканях, жидкостях организма. В крови $w(\text{NaCl}) = 0,5$, его содержанием обеспечивается постоянство осмотического давления крови. Изотонический (физиологический) раствор для инъекций – *Solutio Natrii chloridum isotonica pro injectionibus* – водный раствор натрия хлорида 0,9%. Его вводят под кожу, внутривенно при больших потерях жидкостей и при интоксикациях. Условное название «физиологический» – он получил в связи с тем, что его раствор изотоничен плазме крови человека. Его применяют для растворения различных лекарственных препаратов и для капельных вливаний. Гипертонические растворы натрия хлорида (3-5-10%) – применяют наружно в виде компрессов и примочек при лечении гнойных ран. Введение этих растворов под кожу не допускается, т. к. вызывает некроз тканей.

3. **Kalii chloridum** (калия хлорид) KCl . Применяется как источник ионов калия при гипокалиемии и как антиаритмическое средство, оказывает умеренное диуретическое действие. Внутрь назначают по 1 г, или внутривенно 4% растворы.

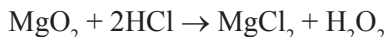
4. **Magnesii oxydum** (магния окись) MgO . Применяется как антацидное средство, нейтрализует соляную кислоту желудочного сока:



В отличие от NaHCO_3 антацидное действие MgO не сопровождается вторичной гиперсекрецией. Образующийся MgCl_2 , переходя в кишечник, оказывает послабляющий эффект. Магния окись (MgO) входит в состав комбинированного препарата альмагель.

5. **Magnesii sulfas** (магния сульфат) $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$. Магния сульфат при парентеральном применении оказывает успокаивающее действие на центральную нервную систему. В зависимости от дозы наблюдаются различные эффекты лечебного действия, такие как седативный, снотворный или наркотический. Магния сульфат как наркотическое средство не применяется, так как при малейшей передозировке легко вызывают паралич дыхательного центра. Он оказывает также желчегонное действие, что связано с рефлекторным раздражением нервных окончаний слизистой оболочки двенадцатиперстной кишки. Таким образом сульфат магния применяют в качестве противосудорожного, спазмолитического и слабительного средства.

6. **Magnesii peroxydum** (магния перекись) – смесь MgO (85%) и MgO_2 (15%). Применяют при диспепсии, брожении в кишечнике, поносах. Лечебный эффект частично связан с действием MgO и частично – с образованием H_2O_2 в желудке:



7. **Magnesii subcarbonas** (магния карбонат основной) $\text{Mg}(\text{OH})_2 \times 4\text{MgCO}_3 \times \text{H}_2\text{O}$. Применяют наружно как присыпку, внутрь – при повышенной кислотности желудочного сока и как лёгкое слабительное. Входит в состав таблеток «Викалин» и «Викаир».

8. **Calcii chloridum** (кальция хлорид) $\text{CaCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$. Применяют при различных патологических состояниях: при недостаточной функции паращитовидных желез, при усиленном выделении кальция из организма, при аллергических заболеваниях, как средство, уменьшающее проницаемость сосудов, при кожных заболеваниях

(зуде, экземе, псориазе и др.), при токсических поражениях печени, как кровоостанавливающее средство, как противоядие при отравлении солями магния, щавелевой кислотой и солями фтороводородной кислоты.

Растворы кальция хлорида вводят внутривенно, так как они обладают сильным раздражающим действием и вызывают некроз тканей.

9. **Calcii sulfas ustus** (кальция сульфат жженный, гипс) $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$. Применяют в травматологии для наложения гипсовых повязок и стоматологической практике.

10. **Barii sulfas pro roentgeno** (бария сульфат для рентгеноскопии) BaSO_4 . Применяют внутрь в виде водной суспензии как контрастное средство при рентгенологическом исследовании пищевода, желудка и кишечника.

Некоторые соединения s-элементов I и II групп применяются в качестве реактивов при анализе лекарственных веществ в фармацевтическом анализе, а также при анализе лекарственного растительного сырья. Например: NaOH , KOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и др.

12. Биологическая роль p-элементов III-VI групп

12.1. p-элементы IIIA группы

Бор и алюминий относятся к примесным микроэлементам, массовая доля их в организме человека составляет $10^{-5}\%$.

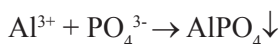
Бор концентрируется в легких (0,34 мг), щитовидной железе (0,30 мг), селезенке (0,26 мг), печени, мозге (0,22 мг), почках, сердечной мышце (0,21 мг); в виде труднорастворимых солей борной кислоты с катионами металлов входит в состав зубной и костной тканей.

Биологическое действие бора недостаточно изучено. Его биологическая роль связана со способностью к образованию комплексных соединений с кислородсодержащими лигандами. Бор участвует в углеводно-фосфатном обмене, взаимодействует с углеводами, ферментами, витаминами, гормонами.

Он является необходимым элементом для некоторых животных и растений. В растениях бор реагирует с ингибиторами их развития – полифенолами, уменьшая токсичность последних.

Алюминий концентрируется главным образом в сыворотке крови, легких, печени, костях, почках, ногтях, волосах, входит в структуру тканей мозга человека. Суточное потребление алюминия человеком составляет 47 мг.

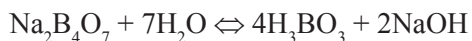
Алюминий влияет на развитие эпителиальной и соединительной тканей, на регенерацию костных тканей, влияет на обмен фосфора, оказывает воздействие на ферментативные процессы. В большинстве случаев катион Al^{3+} замещает ионы Mg^{2+} , Ca^{2+} – активаторы ферментов. Алюминий способен образовывать с кислотосодержащими анионами, например фосфатами, нерастворимые соли:



12.1.1. Лечебное действие неорганических соединений бора и алюминия

Ортоборная кислота (H_3BO_3) применяется в качестве антисептического средства. Высокая растворимость борной кислоты в липидах обеспечивает быстрое проникновение её в клетки через мембраны. В результате происходит свертывание белков (денатурация) цитоплазмы микроорганизмов и их гибель.

Бура ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) применяется как антисептик. Действие обусловлено тем, что при гидролизе тетрабората натрия образуется борная кислота и щелочь:

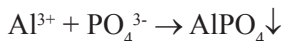


Наряду с борной кислотой антисептическим действием обладает гидроксид натрия. При воздействии щелочей на микробные клетки происходит осаждение клеточных белков, и вследствие этого гибель микроорганизмов. Используется борная кислота и бура только наружно, поскольку при внутреннем применении они оказывают токсическое действие.

В основе антацидного действия гидроксида алюминия лежит взаимодействие его с ионами оксония, что приводит к снижению кислотности желудочного сока:

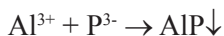


Образующиеся ионы Al^{3+} осаждаются фосфат-ионами (PO_4^{3-}) и выводятся с фекалиями из организма:



Антацидный эффект гидроксида алюминия более благоприятен, чем гидрокарбоната натрия (NaHCO_3) – пищевой соды. Поэтому, при длительном лечении язвенной болезни, рекомендуется препарат «Альмагель», состоящий из геля алюминия гидроксида и магния оксида. Форма геля обуславливает обволакивающий и адсорбирующий эффект препарата, который проявляет лечебное антацидное действие, не нарушая кислотно-щелочное равновесие и электролитный баланс в организме.

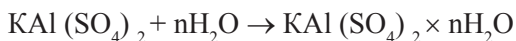
Алюмокалиевые квасцы ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \times 12\text{H}_2\text{O}$) применяются наружно в качестве антисептика в виде примочек, полосканий, промываний. Фармакологическое действие обусловлено тем, что ионы Al^{3+} образуют с белками (протеинами Р) комплексные соединения, выпадающие в виде гелей:



Это приводит к гибели микробных клеток и снижает воспалительную реакцию. Кроме того, препарат применяется как вяжущее и кровоостанавливающее средство. Вяжущее действие связано с осаждением белков и образованием кислотных альбуминатов. При нанесении препарата на слизистые оболочки или на раневую поверхность происходит частичное свертывание белков слизи или раневого экссудата, что приводит к образованию пленки, защищающей от раздражения чувствительные нервные окончания подлежащих тканей. При этом уменьшаются болевые ощущения, происходит местное сужение сосудов, ограничение секреции, а также непосредственное уплотнение клеточных мембран, что приводит к уменьшению воспалительной реакции. Кровоостанавливающий эффект связан со свертыванием белков на раневой поверхности

кровеносных сосудов. На этом основано применение алюмокалиевых квасцов в виде карандашей как кровоостанавливающего средства при порезах, а также для прижигания конъюнктивы глаза при трахоме.

Жженные квасцы ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$) используются в виде присыпок, как вяжущее и подсушивающее средство. Подсушивающий эффект связан с медленным процессом поглощения влаги:



12.1.2. Применение неорганических соединений бора и алюминия в медицине и фармации

1. **Acidum boricum** (борная кислота) H_3BO_3 . Применяют наружно как антисептическое средство в виде водных растворов (2-4%) для полоскания полости рта, зева и для промывания глаз, назначают также в виде мази (5-10%) и в присыпках при заболеваниях кожи.

2. **Natrii tetraboras** (Borax) – натрия тетраборат (бура) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \times 10\text{H}_2\text{O}$. Применяют наружно как антисептическое средство для спринцеваний, полосканий, смазываний в виде водных растворов (1-2%), а также в виде мазей и присыпок.

3. **Aluminii hydroxydum** (алюминия гидроксид) $\text{Al}(\text{OH})_3$. Применяют внутрь в качестве адсорбирующего, обволакивающего и антацидного средства при повышенной кислотности желудочного сока, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, острых и хронических гиперацидных гастритах и при пищевых отравлениях. Назначают внутрь в виде 4% водной суспензии. Длительное применение $\text{Al}(\text{OH})_3$ может привести к появлению запора, поэтому рекомендуют $\text{Al}(\text{OH})_3$ применять в сочетании с MgO .

4. **Almagel** (альмагель) (состав: $\text{Al}(\text{OH})_3$, MgO с добавлением D-сорбита). Применяют при язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, острых и хронических гиперацидных гастритах, эзофагите и других желудочно-кишечных заболеваниях.

5. **Gefal (гефал)** – лекарственный препарат, содержащий алюминия фосфат в виде суспензии белого цвета. Применяют как антацидное средство при язвенной болезни, гастритах, диспепсии и др.

6. **Aluminii et Kalii sulfas** – калия-алюминия сульфат (квасцы алюминиево-калиевые) $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \times 12 \text{H}_2\text{O}$. Применяют наружно в качестве вяжущего средства в виде водных растворов (0,5-1 %) для полосканий, промываний, примочек и спринцеваний, при воспалительных заболеваниях слизистых оболочек и кожи. Применяют также в виде карандашей для прижиганий, при трахоме и как кровоостанавливающее средство при порезах. Жженные (прокаленные) квасцы ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2$) применяют в составе присыпок как вяжущее и подсушивающее средство.

6. **Bolus alba** (белая глина) $\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_3$ обладает лечебными свойствами, оказывая обволакивающее действие. Назначают наружно в форме присыпок, паст, мазей при кожных заболеваниях, язвах, опрелостях, ожогах. Внутрь при желудочно-кишечных заболеваниях (колиты, энтериты) и интоксикациях.

Сплавы алюминия (диозаль и др.) используются для изготовления металлических изделий, применяемых в фармации и медицинской практике, в том числе инфундирных аппаратов, предназначенных для приготовления инфузов (настоев) и отваров. Белая глина $\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_3$ с примесью CaSiO_3 и MgSiO_3 используется в качестве основы (constituens) для приготовления пилуль и таблеток.

В зубоврачебной практике применяется борная кислота, которая используется в качестве наполнителя формы при отливке стальных зубов. В состав стоматологических паст, применяемых как клей-прослойка для зубных протезов, входит натрия метаборат (NaBO_2) в смеси с алюминия гидроксидом ($\text{Al}(\text{OH})_3$).

Каолин ($\text{Al}_2\text{O}_3 \times \text{SiO}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$) входит в состав цементов, которые используются как пломбировочный материал.

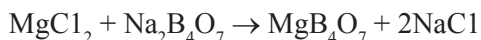
В химическом и фармацевтическом анализе используются следующие соединения бора и алюминия: алюминия окись для хроматографии (I и II степени активности); кислота борная, натрия тетраборат (бура) для приготовления буферных растворов.

12.1.3. Токсическое действие соединений бора, алюминия и таллия на живой организм

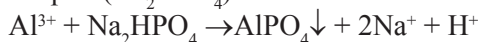
Избыток бора вреден для организма человека, так как угнетает ферменты амилазы, протеиназы, уменьшает активность адреналина (соединения фенольной природы), с которым борная кислота образует прочные комплексы. Употребление пищевых продуктов с большим содержанием бора нарушает в организме обмен углеводов и белков, что приводит к возникновению эндемических кишечных заболеваний – энтеритов. При попадании в организм через желудочно-кишечный тракт вызывает тошноту, оказывает вредное действие на ЦНС, симптомы которого описаны под названием «боризм». При отравлении появляются тетонические судороги, чувство страха.

Избыток алюминия в организме тормозит синтез гемоглобина, так как благодаря довольно высокой комплексообразующей способности алюминий блокирует активные центры ферментов, участвующих в кроветворении.

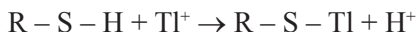
Для выведения из организма солей борной кислоты применяют жидкую магнезию (водная суспензия оксида магния MgO):



Противоядием при отравлении солями алюминия (Al^{3+}) является гидрофосфат натрия (Na_2HPO_4):



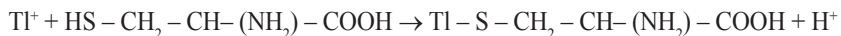
Таллий относится к очень токсичным элементам. Ион Tl^+ образует прочные соединения с серусодержащими лигандами. Это приводит к подавлению активности ферментов, содержащих сульфгидрильные группы $-\text{SH}$. Образование прочных соединений объясняет теория Пирсона (ЖМКО): Tl^+ – мягкая кислота реагирует с мягким основанием $\text{R} - \text{S} - \text{H}$



М.О. М.К.

Даже весьма незначительные количества соединений Tl^+ при попадании в организм вызывают выпадение волос. В качестве

противоядия при отравлении ионами Tl^+ используют аминокислоту цистеин $HS-CH_2-CH-(NH_2)-COOH$:



Предельно-допустимые концентрации (ПДК) алюминия и бора законодательством России не регламентированы. ПДК для бора ориентировочно находится в пределе 30 мг/л. Летальная доза соединений бора для взрослых составляет 15-20 г, а для детей 5-6 г. В опытах на белых крысах и кроликах безвредной для алюминия является доза 1 мг/кг веса или концентрация 20 мл/л в расчете на алюминий. Для наиболее токсичной соли $Al(NO_3)_3$ летальная доза LD_{50} составляет 264 мг/кг.

ПДК для таллия в питьевой воде не установлена, учитывая его высокую токсичность не допускается присутствие следов соединений таллия. Летальная доза $LD_{50} = 32$ мг/кг в расчете на ион таллия.

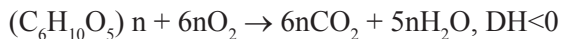
12.2. p-элементы IVA группы

Углерод. Особенность атома углерода (равенство числа валентных орбиталей и числа валентных электронов, их близость к ядру и способность образовывать прочные углеродные связи) послужила причиной, что именно углерод является основой многочисленных органических соединений. С биологической точки зрения углерод является органогеном номер один. По содержанию в организме человека (21,15%) углерод относится к макроэлементам. Он входит в состав всех тканей и клеток в форме белков, жиров, углеводов, витаминов, гормонов. Роль углерода в процессах биосинтеза органических веществ огромна.

Круговорот углерода в природе обусловлен переходом неорганического углерода в органический и наоборот. В клетках растений (хлоропластах) под действием солнечной энергии и хлорофилла происходит синтез органических веществ:

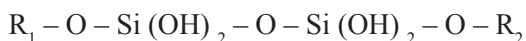


В организме человека и животных происходит обратный процесс при тканевом дыхании:



Система $H_2CO_3 - HCO_3^-$ является главной буферной системой плазмы крови, обеспечивающей поддержание кислотно-основного гомеостаза (постоянного значения pH крови порядка 7,4).

Кремний является одним из наиболее распространенных элементов, но по содержанию в организме человека он относится к примесным элементам. В то же время это жизненно необходимый (эссенциальный) элемент. Всего в организме взрослого человека содержится около 1 г кремния. Больше всего кремния содержится в соединительных тканях: стенках аорты, трахеи, связках, костях, коже (особенно в эпидермисе), волосах и лимфоузлах. Кремний влияет на обмен липидов, на образование коллагена в костной ткани. Концентрация кремния по мере старения организма снижается, это является косвенным доказательством его роли как биоэлемента, препятствующего развитию атеросклероза. Кремний входит также в состав мукополисахаридов, образуя прочные эфирные связи, возникающие при взаимодействии ортокремневой кислоты с гидроксогруппами углеводов, т. е. идет процесс образования кремний-органических соединений:



12.2.1. Лечебное действие неорганических соединений углерода, кремния и свинца

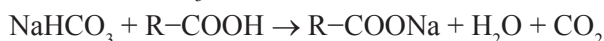
В медицинской практике находят применение как сам углерод, так и его неорганические соединения.

1. Углерод в виде угля активированного (специально обработанного древесного угля) обладает большой поверхностной активностью. Он способен адсорбировать на своей поверхности токсины различной природы (газы, алкалоиды, тяжелые металлы и т. д.). Применяется в форме таблеток при интоксикациях, отравлениях, диспепсии, метеоризме и др.

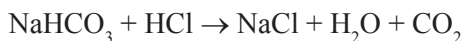
Углекислый газ (CO_2), образующийся в тканях организма в результате обмена веществ, играет важную роль в процессах ды-

хания и кровообращения. CO_2 является физиологическим стимулятором дыхательного центра, поэтому в хирургической практике для стимуляции дыхательного центра применяется препарат карбоген (7% CO_2 и 93% O_2).

2. Гидрокарбонат натрия (NaHCO_3) используется при различных заболеваниях, сопровождающихся ацидозом (диабет и др.). Химические основы снижения кислотности заключается во взаимодействии NaHCO_3 с кислыми продуктами:

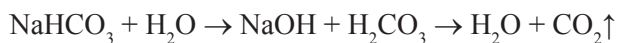


Образующиеся органические соли натрия выводятся с мочой, а CO_2 выдыхается через легкие. Используется NaHCO_3 при повышенной кислотности желудочного сока, язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки. Химические основы антацидного действия NaHCO_3 заключаются в реакции нейтрализации избытка соляной кислоты желудочного сока.



Побочные отрицательные эффекты связаны с тем, что выделяющийся углекислый газ (CO_2) усиливает раздражение рецепторов слизистой оболочки желудка и вызывает вторичное усиление секреции, кроме того, он может способствовать перфорации стенки желудка при язвенной болезни. При приеме больших доз NaHCO_3 в результате его гидролиза и образования щелочи наблюдается явление алкалоза (повышение pH крови), что очень вредно для организма.

В водных растворах NaHCO_3 происходит его постепенный гидролиз



и продуктом гидролиза является щелочь – NaOH , при воздействии которой на микробные клетки происходит осаждение клеточных белков, и вследствие этого гибель микроорганизмов. На этом основано применение NaHCO_3 в качестве антисептического средства для полосканий, примочек, промываний при воспалительных заболеваниях верхних дыхательных путей, горла, глаз и других тканей.

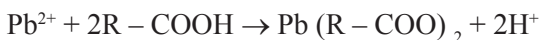
3. В качестве антацидного средства применяют трисиликат магния, действие которого связано с реакцией нейтрализации соляной кислоты желудочного сока:



Образующийся гель кремниевой кислоты обладает обволакивающим и адсорбирующим действием.

4. Ионы свинца (Pb^{2+}), вступая в реакции с цитоплазмой микробных клеток и тканей, образуют гелеобразные альбуминаты. В небольших дозах растворимые соли Pb^{2+} оказывают вяжущее действие, вызывая гелефикацию белков. Образование гелей затрудняет проникновение микробов внутрь клеток и снижает воспалительную реакцию. На этом основано применение свинцовых примочек.

По мере увеличения концентраций ионов Pb^{2+} образование альбуминатов приобретает необратимый характер, накапливаются нерастворимые альбуминаты белков $\text{R} - \text{COOH}$ поверхностных тканей:



Поэтому препараты свинца (II) оказывают на ткани преимущественно вяжущее действие. Их назначают только для наружного применения, поскольку, всасываясь в желудочно-кишечном тракте или дыхательных путях, они проявляют высокую токсичность.

12.2.2. Применение углерода, неорганических соединений углерода, кремния, свинца в медицине и фармации

1. **Carbo activatus** (уголь активированный). Применяют как адсорбирующее и детоксицирующее средство при диспепсии, метеоризме, пищевых интоксикациях, отравлениях алкалоидами, солями тяжелых металлов. Назначают внутрь в таблетках.

2. **Natrii hydrocarbonas** (натрия гидрокарбонат) NaHCO_3 . Применяют внутрь при повышенной кислотности желудочного сока как антацидное средство, при язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки. Наружно как антисептическое средство в водных растворах для полосканий, промываний.

3. **Carbogenum** (карбоген, смесь газов 7% CO₂ и 93% O₂). Применяется в хирургической практике для стимуляции дыхания во время наркоза. Жидкая уголекислота (CO₂) обладает свойством хорошо растворять липофильные вещества (жиры, липиды, каротин, хлорофилл, растительные и жирные масла и др.), что широко используется для их экстракции из лекарственных растений. Полученные CO₂-экстракты используются как лекарственные средства.

4. **Magnii trisilicas** (магния трисиликат) Mg₂Si₃O₈ × H₂O. Применяют внутрь при повышенной кислотности желудочного сока как антацидное средство. Т.к. в кислой среде образуется гель кремниевой кислоты, препарат дополнительно обладает обволакивающим и адсорбирующим действием.

В зубоврачебной практике в качестве пломбировочного материала применяют силикатный цемент, содержащий SiO₂ с добавками H₃PO₄, ZnO и Al (OH)₃. Кварцевое стекло (почти чистый кремнезем) переносит резкие колебания температуры, почти не задерживает ультрафиолетовые лучи. Из такого стекла изготавливают ртутно-дуговые лампы, которые широко используются в физиотерапии, а также для стерилизации асептических комнат в аптеках и операционных.

В фармацевтической технологии применяют (как мазевые основы) кремнийорганические соединения (эсилон-4 и эсилон-5), обладающие высокими эмульгирующими свойствами, необходимыми при приготовлении мазей, эмульсий, линиментов.

5. **Bentonitum** (бентонит Al₂O₃ × 4SiO₂ × H₂O) и **Talcum** (тальк 3MgO × 4SiO₂ × H₂O) применяются как основы для приготовления мягких (мазей, линиментов) и твердых (таблетки, гранулы) лекарственных форм, в качестве присыпок, паст используются как обволакивающие и адсорбирующие средства.

Из-за высокой токсичности соединения олова не применяются в качестве лекарственных препаратов. Соединения свинца используются в медицинской практике весьма ограниченно и только наружно:

1. **Plumbi oxydum** (свинца окись, свинцовый глет) PbO. Применяется как антисептик для приготовления свинцового пластыря

при водных растворах (0,25-0,5%) в качестве вяжущего средства гнойно-воспалительных заболеваниях кожи, фурункулезе, экземах, ожогах.

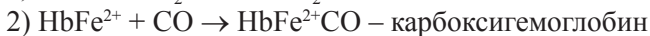
2. Plumbi acetat (свинца ацетат) $\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} \times 3\text{H}_2\text{O}$ (свинцовый сахар). Применяют наружно в виде примочек при воспалительных заболеваниях кожи и слизистых оболочек. Металлический свинец используется как защитное средство от рентгеновских лучей (свинцовые фартуки, прокладки).

В фарманализе используются следующие соединения углерода, кремния, олова и свинца: аммония карбонат (аммоний углекислый $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ кристаллический и раствор); калия гидрокарбонат (калий двууглекислый KHCO_3) кристаллический и раствор; калия карбонат (калий углекислый K_2CO_3) кристаллический и раствор; натрия гидрокарбонат (натрий двууглекислый NaHCO_3) кристаллический и раствор; натрия карбонат безводный (натрий углекислый безводный Na_2CO_3) кристаллический и раствор (10% и 0,05 моль/л); олова (II) хлорид (олова закисного хлорид, $\text{SnCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$); свинца нитрат (свинец (II) азотнокислый $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) кристаллический и раствор; свинца окись (свинца (II) окись PbO); свинца ацетат (свинец уксуснокислый $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb} \times 3\text{H}_2\text{O}$); свинца ацетата основного раствор (свинцовый уксус).

12.2.3. Токсическое действие соединений углерода, кремния и свинца на живой организм

Одним из высоко токсичных неорганических соединений углерода является оксид углерода (II) – угарный газ – CO.

Способность к образованию прочных комплексных соединений с ионами d-металлов является причиной его токсичности. CO (мягкое основание) легко замещает молекулу кислорода (жесткое основание) в оксигемоглобине, роль мягкой кислоты в котором выполняет ион Fe^{2+} .



Образующийся комплекс карбоксигемоглобин в 300 раз прочнее оксигемоглобина. Это приводит к снижению концентрации O_2

в организме, что может привести к летальному исходу. При отравлении угарным газом прежде всего необходима вентиляция легких (вынос пострадавшего на свежий воздух, вдыхание чистого кислорода, переливание крови и др.), т. е. срочная замена карбоксигемоглобина на оксигемоглобин.

Избыток оксида углерода (IV) (CO_2) также приводит к интоксикации организма. Принимаемые меры – вынос пострадавшего на свежий воздух, вдыхание чистого кислорода.

При попадании значительных количеств угольной пыли в организм через легкие развивается заболевание антракоз (профессиональное заболевание шахтеров), а при попадании силикатных песчинок – силикоз. При длительном контакте силикатных песчинок с биологическими жидкостями образуется гелеобразная поликремниевая кислота, отложение которой в клетках ведет к их гибели. Токсическое действие ионов Pb^{2+} связано с тем, что они образуют очень прочные комплексы с гидросульфидными группами белков:



Ионы Pb^{2+} также вытесняют ионы Mg^{2+} и Ca^{2+} , образуя более прочные комплексы, ингибируют металлоферменты.

При силикозах применяют различные сорбирующие средства, щелочные растворы. В качестве противоядия при отравлении солями свинца используют сероводородную воду или цистеин, которые связывают ионы Pb^{2+} и выводят из организма. Для качественного обнаружения СО в воздухе используют следующую методику: вначале воздух (20 л) пропускают при помощи аспиратора через сосуд с кровью, а затем проводят качественные реакции с рядом реактивов, например с раствором основного ацетата свинца $\text{PbOH}(\text{CH}_3\text{COO})$. Кровь контрольная с O_2 принимает грязно-зеленое окрашивание. Кровь с СО сохраняет свой цвет.

Предельно-допустимые концентрации (ПДК) установлены только для Pb^{2+} – 0,1 мг/л (ГОСТ 2761-57) в питьевой воде. Однако являются нежелательным и вредным для организма высокие концентрации CO_2 в воздухе и питьевой воде с высокой карбонатной жесткостью. Недопустимо наличие в воздухе оксида углерода (II) и тетраэтилсвинца, содержащихся в выхлопных газах.

Летальная доза для Pb^{2+} ($LD_{50} = 1 \text{ мг/кг}$ живой массы).

Вдыхание воздуха, содержащего 1 % CO , приводит к летальному исходу в течение нескольких минут.

12.3. p-элементы VA группы

12.3.1. Биологическая роль азота (N), фосфора (P), мышьяка (As), сурьмы (Sb), висмута (Bi)

Азот и фосфор относятся к макроэлементам, массовая доля азота в организме человека 3,1 %, фосфора – 0,95 %. Мышьяк, сурьма и висмут относятся к примесным элементам, массовая доля их в организме человека составляет $10^{-6}\%$.

Азот – органоген номер четыре. Значимость его для живого организма очень высока, именно он, наряду с углеродом, водородом и кислородом, входит в состав жизненно важных аминокислот:



которые образуют ДНК, РНК и белки – основу жизни. Во многих бионеорганических комплексах (гормоны, ферменты и др.) атом азота по донорноакцепторному механизму связывает органическую и неорганическую части молекулы, например, гемоглобин.

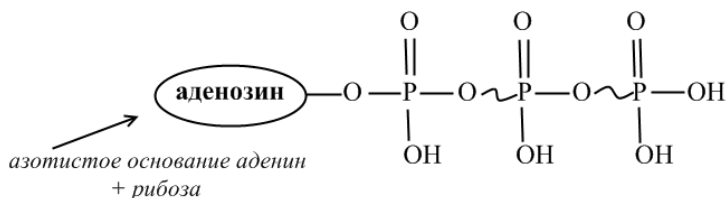
Фосфор – органоген номер пять, играет исключительно важную роль в обмене веществ. Суточная потребность человека в фосфоре составляет 1,3 г. Фосфор настолько распространен в пищевых продуктах, что случаи его явной недостаточности практически неизвестны. Однако не весь фосфор, содержащийся в продуктах, может всасываться, поскольку его всасывание зависит от многих факторов: pH, соотношения между содержанием кальция и фосфора в пище, наличия в пище жирных кислот.

В организме фосфор присутствует в виде фосфат-иона, который входит в состав неорганических и органических веществ. Фосфор обнаружен во всех клетках организма. Больше всего фосфора содержится в костях и скелетной мускулатуре. Основным

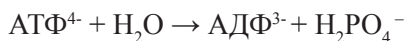
минеральным компонентом костной и зубной тканей является $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$.

Мембраны клеток в значительной степени состоят из фосфолипидов. Фосфор входит в состав белков, нуклеиновых кислот, нуклеотидов и других биологически активных соединений.

Универсальным источником энергии для всех биохимических процессов, протекающих в живых системах, является АТФ – аденозинтрифосфат, в молекуле которого содержатся три остатка фосфорной кислоты:



В организме происходит реакция гидролиза АТФ, в результате которой разрывается связь $\text{P}\sim\text{O}$ и выделяется значительное количество энергии. Поэтому указанную связь называют макроэргической. При $\text{pH} = 7,0$ АТФ существует в виде аниона ATP^{4-} , так как все фосфатные группы при этом значении pH ионизированы. Гидролиз АТФ можно записать в виде уравнения:



Гидролиз макроэргических связей молекулы АТФ, сопровождаемый отщеплением 1 или 2 остатков фосфорной кислоты, приводит к выделению энергии, по различным данным, от 40 до 60 кДж/моль.

Живые организмы не могут обходиться без фосфора. Сахара и жирные кислоты не могут быть использованы клетками в качестве источников энергии без предварительного фосфорилирования.

Совокупность гидро- и дигидрофосфатов в крови образует фосфатную буферную систему, которая вместе с другими буферными системами обеспечивает постоянство pH крови.

Мышьяк, сурьма и висмут постоянно находятся в живых организмах, но их физиологическая роль практически не выяснена. Ионы As^{3+} и Sb^{3+} и в меньшей степени Bi^{3+} являются синергиста-

ми. Мышьяк и сурьма накапливаются в щитовидной железе, угнетают её функцию, вызывая эндемический зоб.

12.3.2. Лечебное действие неорганических соединений азота, фосфора, мышьяка и висмута

Раствор аммиака (10%) применяется при обморочных состояниях, т. к. при вдыхании оказывает возбуждающее влияние на дыхательный центр, действуя через рецепторы верхних дыхательных путей. В больших концентрациях может вызвать рефлекторную остановку дыхания. Поэтому его нельзя применять пожилым людям с заболеваниями сердца.

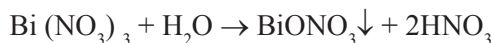
Соединения нитритов, а также нитратов расширяют коронарные сосуды и способны купировать приступ стенокардии.

Хлорид аммония оказывает диуретическое действие, а также является эффективным средством для коррекции алкалоза (защелачивания крови), создания кислого рН мочи. Легко всасываясь из желудочно-кишечного тракта, препарат превращается в печени в мочевины, обладающую диуретической активностью, и соляную кислоту, которая уменьшает щелочность тканей:



Диуретический эффект аммония хлорида связан с тем, что в процессе компенсации ацидоза мобилизуется и выделяется почками натрий, одновременно выводится из организма соответствующее количество воды. Диуретическое действие хлорида аммония при повторном применении постепенно уменьшается.

Основной нитрат висмута проявляет вяжущее, подсушивающее и антисептическое действия. Его применение основано на том, что при попадании в пищеварительный тракт он подвергается гидролизу с образованием малорастворимых продуктов, которые не всасываются через стенки желудочно-кишечного тракта:



12.3.3. Применение неорганических соединений азота, фосфора, мышьяка, висмута в медицине и фармации

1. **Solutio Ammonii caustici 10 %** (раствор аммиака 10%) – нашатырный спирт. Применяют наружно для возбуждения дыхания и выведения больных из обморочного состояния. Иногда применяют внутрь в качестве рвотного средства, принимают только в разведенном виде. Наружно применяют в виде примочек при укусах насекомых. В хирургической практике используют для мытья рук по методу С. И. Спасокукоцкого и И. Г. Кочергина.

2. **Nitrogenium oxydulatum** (азота закись) N_2O – веселящий газ. Закись азота в смеси с кислородом используют для кратковременного общего наркоза в хирургической практике, оперативной гинекологии, хирургической стоматологии.

3. **Ammonii chloridum** (аммония хлорид) NH_4Cl . Применяют как диуретическое средство при отеках сердечного происхождения. Как отхаркивающее средство применяется при бронхите, пневмонии.

4. **Natrii nitris** (натрия нитрит) $NaNO_2$. Применяют как сосудорасширяющее средство при стенокардии, иногда при спазмах сосудов мозга.

5. **Natrii phosphas** (натрия фосфат) $Na_2HPO_4 \times 12H_2O$. Применяют как антацидное средство. Входит в состав препарата «Уродан», который применяют при подагре, мочекаменной болезни, хронических полиартритах.

6. **Solutio Natrii phosphatis pro injectionibus – 32** (раствор фосфата натрия с меченым изотопом фосфора 32). Применяется для диагностики злокачественных опухолей.

7. **Acidum arsenicosum anhydricum** (ангидрид мышьяковистый) As_2O_3 . Применяют наружно как некротизирующее средство при кожных болезнях. В стоматологической практике используют для омертвления (некротизации) мягких тканей зуба (пульпы). В микродозах (0,001 г на прием) препарат назначают при малокровии, истощении, нервозности.

В медицинской практике используют раствор калия арсенита

K_3AsO_3 (Фаулеров раствор мышьяка – *Liquor arsenicalis Fowleri*). Иногда назначают препарат при малокровии, истощении, неврастении, миастении.

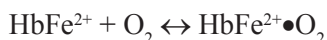
8. **Solutio «Duplex» pro injectionibus** (раствор «Дуплекс» для инъекций). Представляет собой водный раствор стрихнина нитрата (0,1%) и натрия арсената (1%). Применяют в качестве общеукрепляющего и тонизирующего средства.

9. **Bismuthi subnitratis** (висмута нитрат основной) смесь $BiONO_3$, $Bi(OH)_2NO_3$, $BiOOH$. Применяют в качестве вяжущего и антисептического средства при язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки, колитах, энтеритах. Наружно применяют в виде мази и присыпки (5-10%) при воспалительных заболеваниях кожи и слизистых оболочек (язвы, экземы, дерматиты, эрозии).

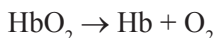
12.4. р-элементы VI группы

12.4.1. Биологическая роль кислорода, озона, воды

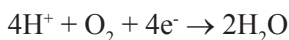
Кислород. Кислород входит в состав всех жизненно важных органических веществ – белков, жиров, углеводов. При участии кислорода осуществляется один из важнейших жизненных процессов – дыхание, благодаря которому идет непрерывное поступление кислорода к тканям. Человек вдыхает и выдыхает в сутки 20-30 м³ воздуха. Потребность человека в кислороде в покое составляет 25 л/ч. Если концентрация кислорода в воздухе снижается до 9% – это представляет угрозу для жизни. У человека и высших животных кислород, проникая в кровь, соединяется с гемоглобином, образуя оксигемоглобин:



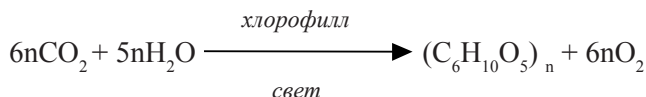
Через стенки капилляров кислород поступает в клетки, где расходуется на окисление различных веществ (жиров, углеводов, белков и др.), в результате этих процессов образуется CO_2 и H_2O , выделяется энергия, обеспечивающая жизнедеятельность живых организмов.



В митохондриях атомы водорода, отщепленные в виде H^+ от субстрата под действием фермента дегидрогеназы, связываются с кислородом:

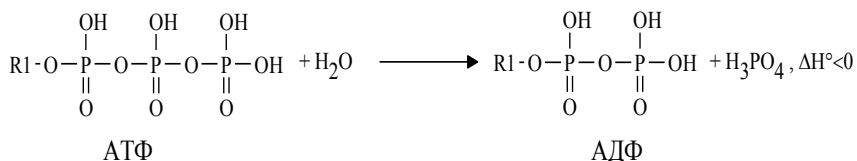


В природе у зеленых растений на свету идет процесс фотосинтеза, при котором поглощается CO_2 и выделяется молекулярный кислород O_2 :



Озон. Аллотропное видоизменение кислорода – озон – на высоте 25 км над уровнем земли образует озоновый слой, который поглощает жесткое ультрафиолетовое излучение ($\lambda \leq 260$ нм). Разрушение озонового слоя может привести к гибели живых организмов на Земле.

Вода. В организме взрослого человека массовая доля воды составляет 65%. Благодаря своему строению вода, является универсальным растворителем, практически все химические реакции в организме человека осуществляются в воде, жизнь без воды невозможна. Вода является одновременно средой и участником реакций гидролиза жиров, АДФ и АТФ:



При гидролизе в первую очередь разрывается связь 1, затем 2. При этом выделяется энергия, используемая организмом. Большая часть воды (около 70%) находится внутри клеток в протоплазме. Остальная часть воды (около 30%) – это внеклеточная вода, которая образует плазму крови и межтканевую воду.

12.4.2. Применение кислорода, озона, воды, пероксида водорода в медицине и фармации

1. **Oxygenium** (кислород). Применяется при гипоксии, при гипоксемии; вдыхание газовой смеси, содержащей 40-50% кислорода, улучшает состояние больных. Оксигенотерапия показана также при отравлении угарным газом CO.

2. **Carbogenum** (карбоген) 95-97% O₂; 5-3% CO₂. Применяют при отравлении угарным газом для улучшения легочной вентиляции, используют также при шоковых состояниях, для возбуждения дыхательного центра во время наркоза.

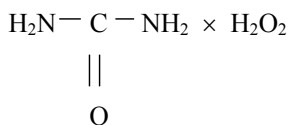
3. **Aqua purificata** (вода очищенная). Используется для приготовления жидких лекарственных форм, растворов для инъекций, отваров, настоев; для приготовления реактивов, используемых в фарманализе.

4. **Solutio Hydrogenii peroxydi diluta** (раствор водорода перекиси 3%).

5. **Perhydrolum** (пергидрол) 28-30%.

6. **Magnesii peroxydum** (магния перекись) (MgO₂ + MgO).

7. **Hydroperitum** (гидроперит) – таблетки, содержащие комплекс мочевины с водорода пероксидом:



Препараты водорода пероксида применяют наружно для обработки ран, полосканий полости рта и горла в качестве антисептических и дезодорирующих средств, а также кровоостанавливающих средств в стоматологии, отоларингологии, дерматологии.

12.4.3. Токсическое действие озона, пероксида водорода

Озон. При большой концентрации озона в загрязненном выхлопными газами городов воздухе в организме человека возможна реакция озона с органическими веществами: $\text{RH} + \text{O}_3 = \text{RO}_2 + \text{HO}\bullet$

Эти радикалы инициируют радикально-цепные реакции с

биоорганическими молекулами – липидами, белками, ДНК, что приводит к гибели клеток. На этой реакции основано применение озона для обеззараживания воды, озонирования воздуха.

Пероксид водорода. В организме человека пероксид водорода образуется в результате реакции: $2\text{H}^+ + \text{O}_2 + 2\text{e}^- = \text{H}_2\text{O}_2$

Из H_2O_2 возможно образование радикалов $\text{H}_2\text{O}_2 = 2\text{HO}\bullet$

Радикал $\text{HO}\bullet$ реагирует с биоорганическими веществами – липидами клеточных мембран, ДНК, нарушая её репаративную функцию, что приводит к неконтролируемому делению клеток и возникновению опухолей. В здоровом организме срабатывают защитные механизмы – под действием фермента каталазы H_2O_2 разлагается: $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$

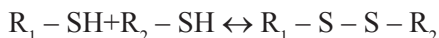
В старческом возрасте эти механизмы не срабатывают, в организме образуются радикалы, приводящие к массовой гибели клеток, старению организма и смерти.

12.4.4. Биологическая роль серы (S) и селена (Se)

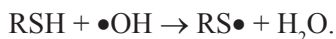
Сера. По содержанию в организме человека сера относится к макроэлементам (массовая доля 0,16%). Как и кислород, она жизненно необходима. Суточная потребность взрослого человека в сере около 4-5 г. Сера поступает в организм в виде неорганических и органических соединений, входящих в состав пищевых продуктов. Неорганические соединения серы (соли серной и сернистой кислот) не всасываются и выводятся из организма через кишечник. Органические соединения в организме расщепляются и всасываются в кишечнике. К элементам, способствующим усвоению серы, относятся F и Fe, а антагонистами серы являются As, Ba, Pb, Mo, Se.

Сера входит в состав многих биомолекул – белков, аминокислот (цистина, цистеина, метионина и др.), гормонов (например, инсулина), витаминов (например, витамина B₁). Сера является компонентом структурного белка коллагена. Хондроитин-сульфат присутствует в коже, хрящах, ногтях, тканях миокарда. Серосодержащими метаболитами являются гемоглобин, эстрогены, фибриногены и др. Много серы содержится в структурных веществах волос, костях, нервной ткани.

Аминокислоты, содержащие серу, характеризуются наличием сульфгидрильных $-SH$ -групп (например, цистеин) или наличием дисульфидных связей $-S-S-$ (например, цистин). При окислении сульфгидрильных групп образуются дисульфидные связи и, наоборот, при восстановлении связей $-S-S-$ образуются SH -группы, т. е. эти переходы обратимы:

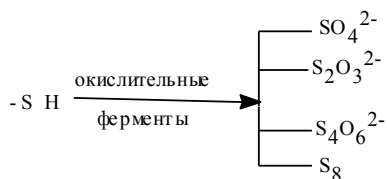


В некоторой степени этот обратимый переход защищает организм от радиационных поражений. Под влиянием ионизирующего облучения в результате радиолиза воды в организме образуются свободные радикалы, в том числе $H\bullet$ и $\bullet OH$, активизирующие процессы окисления. Сульфгидрильные группы вступают в реакции со свободными радикалами:



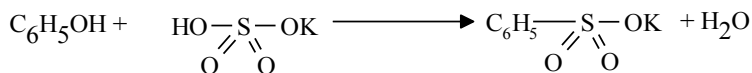
Образующиеся радикалы $RS\bullet$ малоактивны. Тем самым предотвращается воздействие активных радикалов ($\bullet OH$) на нуклеиновые кислоты.

В живых организмах сера, входящая в состав аминокислот, окисляется. Конечными продуктами этого процесса преимущественно являются сульфаты. Также образуются тиосульфаты, элементарная сера и полиотионовые кислоты:



Образующаяся в организме эндогенная серная кислота участвует в обезвреживании ядовитых соединений – фенола, крезола, индола, вырабатываемых в кишечнике из аминокислот микробами. Кроме того, серная кислота связывает многие чужеродные для организма соединения (ксенобиотики) – лекарственные препараты и их метаболиты. Со всеми этими соединениями серная кислота образует относительно безвредные вещества – конъюгаты, в виде

которых они и выводятся из организма. Например, с мочой человека выделяется конъюгат – калиевая соль сернокислого эфира фенола:



Практические данные о нарушениях, связанных с дефицитом серы в организме человека, немногочисленны. Экспериментально установлено, что недостаток метионина в пище тормозит рост молодых животных и снижает продуктивность взрослых животных. Поскольку метионин участвует в синтезе некоторых важных серосодержащих соединений (цистеина, глутатиона, биотина, тиамина, липоевой кислоты и др.), то проявления недостатка в организме этих веществ можно в определенной степени относить к симптомам дефицита серы.

Селен. По содержанию в организме селен относится к микроэлементам (массовая доля 10^{-5} - $10^{-7}\%$). Некоторые исследователи считают его жизненно необходимым элементом. Суточная потребность человека в селене составляет 20-100 мкг. Селен поступает в организм с пищей. Всасывание селена происходит в тонком кишечнике, где из растворимых соединений селена образуются соединения селена с метионином и цистеином. Усвоению селена способствует витамин Е. Накапливается селен в основном в печени и почках, а также в ногтях и волосах, костном мозге, сердечной мышце, поджелудочной железе, легких, коже. Концентрация селена в крови составляет 0,001-0,004 ммоль/л.

В живых организмах селен, как и сера, входит в состав биосубстратов в степени окисления –2. Вследствие близости химических свойств этих элементов, они могут замещать друг друга в соединениях. При этом селен может выступать как синергистом, так и антагонистом серы. При поступлении в организм в больших дозах селен в первую очередь накапливается в ногтях и волосах, основу которых составляют серосодержащие аминокислоты цистеин и метионин. Очевидно, что при этом селен, как аналог серы, замещает её в этих аминокислотах, превращая их в селеноцистеин и

селенометионин. Установлено, что эти необычные аминокислоты входят в состав активных центров нескольких ферментов: формилатдегидрогеназы, глутатионредуктазы и глутатионпероксидазы, обеспечивая их высокую ферментативную активность. В то же время замещение группы $-SH$ на группу $-SeH$ в ряде ферментов приводит к снижению их дегидрогеназной активности и ингибированию клеточного дыхания.

Селен является элементом, выполняющим многочисленные защитные функции в организме, усиливает иммунную защиту организма, способствует увеличению продолжительности жизни. Установлена зависимость между высоким содержанием селена в пище и низкой смертностью от рака.

Хорошо известна способность селена предохранять организм от отравления соединениями ртути и кадмия. Причем селен способствует связыванию катионов этих металлов не селенсодержащими группами метаболитов, а другими активными центрами, на которые их токсическое действие не оказывает влияния. При дефиците селена в организме происходит усиленное накопление ртути, кадмия и мышьяка.

Недостаток селена в организме приводит к нарушению целостности клеточных мембран, значительному снижению активности сгруппированных на них ферментов, накоплению кальция внутри клеток, нарушению метаболизма аминокислот, снижению энергопродуцирующих процессов.

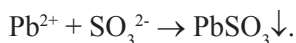
12.4.5. Лечебное действие неорганических соединений серы

В медицинской практике широко применяют как саму серу, так и многие её соединения.

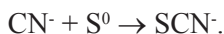
Порошок «серы осажденной» применяют наружно в виде мазей и присыпок при лечении кожных заболеваний. В организме образуются продукты окисления серы – полиотионовые кислоты с общей формулой $H_2S_XO_6$ ($X=3-6$). Эти продукты обладают противомикробной и противопаразитарной активностью. На этом же основано применение «серы очищенной».

Тиосульфат натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 5\text{H}_2\text{O}$) применяют как детоксицирующее и противовоспалительное средство. Как детоксицирующее средство его используют при отравлениях соединениями ртути, свинца, синильной кислотой (HCN) и её солями, солями йода и брома. Механизм действия препарата, очевидно, связан с окислением тиосульфат-иона до сульфит-иона и элементарной серы: $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow \text{SO}_3^{2-} + \text{S}^0$.

Ионы свинца и ртути, попадающие в организм с пищей или воздухом, образуют плохо растворимые нетоксичные сульфиты:



Цианид-ионы взаимодействуют с элементарной серой, образуя менее ядовитые тиоцианаты:



Применяют тиосульфат натрия и для лечения чесотки. После втирания в кожу 60% раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ делают повторные втирания 6%-ного раствора HCl . В результате реакции с HCl тиосульфат натрия распадается на серу и оксид серы (IV):



которые и оказывают губительное действие на чесоточных клещей.

Слабительный эффект $\text{Na}_2\text{SO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$ и $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$, так же как и других солевых слабительных, связан преимущественно с медленным всасыванием из кишечника и увеличением в полости кишечника осмотического давления: под влиянием препарата происходит накопление воды в кишечнике, содержимое его разжижается, перистальтика усиливается и каловые массы быстрее выводятся.

12.4.6. Применение неорганических соединений серы и селена в медицине и фармации

1. **Sulfur praecipitatum** (сера осажденная) S. Применяют наружно в виде мазей (5-10-20%) и присыпок при лечении кожных заболеваний (себореи, сикоза, псориаза, чесотки и др.).

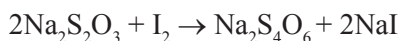
2. **Sulfur depuratum** (сера очищенная) S. Применяют внутрь в качестве противоглистного и легкого слабительного средства, а наружно в 5-10-20% мазях и присыпках при лечении кожных заболеваний (себореи, сикоза, псориаза, чесотки и др.). Входит в состав сложного порошка солодкового корня, применяемого в качестве легкого слабительного.

3. **Natrii sulfas** (натрия сульфат) $\text{Na}_2\text{SO}_4 \times 10\text{H}_2\text{O}$. Назначают внутрь в качестве слабительного средства, показан при пищевых отравлениях, так как не только очищает кишечник, но и задерживает всасывание яда и поступление его в кровь.

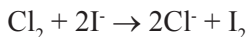
4. **Natrii thiosulfas** (натрия тиосульфат) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 5\text{H}_2\text{O}$. Применяют внутривенно в виде водного 30% раствора и внутрь в виде 10% раствора как противотоксическое, противовоспалительное средство, при аллергических заболеваниях, артритах, невралгиях. Наружно применяют для лечения больных чесоткой.

5. **Magnesii sulfas** (магния сульфат) $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$. Применяют в качестве успокаивающего, противосудорожного, спазмолитического, слабительного, желчегонного средства, при лечении гипертонической болезни, а также при отравлениях ртутью, мышьяком, тетраэтилсвинцом, солями бария. Назначают внутрь в виде водных растворов, внутримышечно и внутривенно (20% или 25% растворы).

В аналитической практике широко применяется метод йодиметрического титрования. Из неорганических веществ этим методом анализируют I_2 , KMnO_4 , Na_3AsO_4 , HgCl_2 , CuSO_4 и многие органические лекарственные препараты – формалин, акрихин, антипирин, анальгин, аскорбиновую кислоту и др. Применяют несколько вариантов метода. Основным веществом, используемым в качестве восстановителя в йодиметрии, является тиосульфат натрия, который реагирует с йодом по уравнению:



Тиосульфат применяют для титрования избытка йода, добавляемого в процессе титрования некоторых восстановителей, или йода, образующегося при взаимодействии йодидов с окислителями, например:



Реакции осаждения и растворения сульфидов и сульфатов катионов используются для обнаружения многих катионов. Сульфиды могут быть получены воздействием на соли металлов сероводорода или сульфидов щелочных металлов и аммония. Большинство сульфидов окрашено, например: PbS – черный; CdS – желтый; Ag_2S – черный; MnS – телесный; Bi_2S_3 – черный; Sb_2S_3 – оранжевый. Катионы Ba^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} осаждаются серной кислотой в виде сульфатов, нерастворимых в кислотах и щелочах.

В медицине селен в виде селенита и селената натрия, селенцистеина, селенсодержащих дрожжей применяют для профилактики и лечения различных заболеваний. Селен оказывает лечебный эффект при кардиопатиях различной этиологии, при гепатитах, панкреатитах, заболеваниях кожи, уха, горла и носа. Общеизвестна роль селена в профилактике и лечении злокачественных новообразований. Радиоактивные изотопы селена используются для диагностики болезней поджелудочной железы и др.

12.5. p-элементы VII группы

12.5.1. Биологическая роль фтора, хлора, брома и йода

По содержанию в организме человека хлор (0,15%) относится к макроэлементам, а остальные элементы этой группы (содержание $10^{-5}\%$) являются микроэлементами. Хлор и йод относятся к незаменимым элементам, а остальные являются постоянными составными частями тканей.

В организме все галогены находятся в степени окисления -1 , хлор и бром – в виде гидратированных ионов, а фтор и йод, главным образом, в связанной форме входят в состав некоторых биорганических соединений. Вследствие уменьшения электроотрицательности в ряду $\text{F} - \text{Cl} - \text{Br} - \text{I}$ связь углерода с йодом наименее полярна, поэтому йод находится в живых организмах в виде элементоорганических соединений (со связью $\text{C} - \text{I}$).

Фтор. В организме человека масса фтора составляет около 7 мг ($10^{-5}\%$). Соединения фтора концентрируются в костной ткани, ногтях, зубах.

Недостаток фтора в организме приводит к кариесу зубов. В состав эмали зубов входит труднорастворимый фторapatит $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \times \text{CaF}_2$. Минеральную основу дентина составляют гидроксиapatит $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \times \text{Ca}(\text{OH})_2$, хлорapatит $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \times \text{CaCl}_2$ и фторapatит $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \times \text{CaF}_2$.

Фторид ионы способствуют осаждению фосфата кальция, образуя защитный слой на поверхности зубов.

Под действием кислот, вырабатываемых бактериями, происходит растворение одной из минеральных основ тканей зубов – гидроксиapatита:

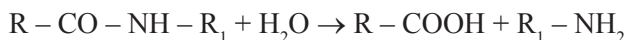


Причем очень часто разрушению подвергается не внешняя поверхность зуба, покрытая слоем эмали, а внутренние участки дентина. Пока эмаль повреждена незначительно (имеются предположения), введение NaF способствует образованию фторapatита, который облегчает реминерализацию начавшегося повреждения.

Хлор. Хлорид-ионы играют важную биологическую роль. Они активируют некоторые ферменты, создают благоприятную среду для действия протеолитических ферментов желудочного сока. Для выработки соляной кислоты в желудке необходим NaCl. Помимо важной роли соляной кислоты в процессе пищеварения, NaCl уничтожает различные болезнетворные бактерии (холеры, тифа). В форме соляной кислоты хлорид-ион является необходимым компонентом желудочного сока. Выделение соляной кислоты из клеток слизистой оболочки желудка можно описать следующим уравнением:



Соляная кислота желудочного сока необходима для перехода фермента пепсина в активную форму. Пепсин обеспечивает переваривание белков путем гидролитического расщепления пептидных связей:



Хлорид-ионы, образуя ионные слои по обеим сторонам клеточных мембран, участвуют в создании электрического мембранного потенциала, который регулирует ионные потоки через клеточные мембраны, перенос неорганических и органических веществ сквозь мембраны, участвуют в поддержании осмотического равновесия. Имея оптимальный радиус для проникновения через мембрану клеток, хлорид-ионы совместно с ионами калия и натрия участвуют в создании определенного осмотического давления и регуляции водно-солевого обмена.

Бром локализуется преимущественно в железах внутренней секреции, в первую очередь в гипофизе. Биологическая роль соединений брома в нормальной жизнедеятельности организма еще недостаточно выяснена. Экспериментально установлено, что соединения брома угнетают функцию щитовидной железы и усиливают активность коры надпочечников.

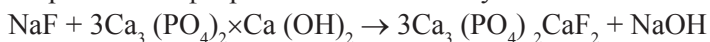
Йод относится к числу незаменимых биогенных элементов, и его соединения играют важную роль в процессах обмена веществ. Он влияет на синтез некоторых белков, жиров, гормонов. В организме человека йода содержится 25 мг ($4 \times 10^{-5}\%$) и большая его половина находится в щитовидной железе (в виде гормонов). Щитовидная железа секретирует гормоны тироксин и трийодтиронин. Пониженная активность щитовидной железы (гипотиреоз) может быть связана с уменьшением её способности накапливать йодид-ионы, а также с недостатком в пище йода (эндемический зоб).

Таким образом, все р-элементы VII группы физиологически активны, хлор и йод незаменимы для нормальной жизнедеятельности организма. В организме галогены взаимозамещаемы, при этом наблюдаются как случаи синергизма, так и антагонизма. Антагонистами йода являются фтор и бром. Конкурируя с йодом, фтор может вытеснять его из йодорганических соединений и подавлять транспорт йода в организме. Поглощению йода щитовидной железой препятствует бром. К синергистам йода относится селен – при дефиците селена йод не усваивается.

12.5.2. Лечебное действие неорганических соединений фтора, хлора, брома и йода

Обогащение питьевой воды фтором, т. е. фторирование воды с целью доведения содержания в ней фтора до нормы (1 мг/л) приводит к значительному снижению заболеваемости населения кариесом зубов. Фторирование питьевой воды осуществляется добавлением к ней определенного количества фторида натрия.

В медицинской практике фторид натрия применяют в качестве местно действующего наружного средства. Его применение основано на образовании фторапатита в составе зубной пасты:



При этом происходит одновременно и подщелачивание среды ротовой полости, что способствует нейтрализации кислот, вырабатываемых бактериями.

Водные растворы натрия хлорида изотонический (0,9%) и гипертонические (3-5-10%) широко применяют в медицинской практике. Использование гипертонических растворов основано на законах осмоса. Изотонический раствор хлорида натрия изотоничен плазме крови человека; его часто называют «физиологическим». Раствор быстро выводится из сосудистой системы и лишь временно увеличивает объем жидкости, циркулирующей в сосудах, поэтому при кровопотерях и шоке он недостаточно эффективен. Основное применение изотонический раствор натрия хлорида имеет при обезвоживании организма и как дезинтоксикационное средство. Кроме того, его применяют для промывания ран, глаз, слизистой оболочки носа, а также для растворения различных лекарственных препаратов.

Компрессы, смоченные гипертоническим раствором в связи с его осмотическим влиянием, способствуют отделению гноя из раны. Гипертонические растворы (местно) оказывают также противомикробное действие. Хлорид натрия оказывает умеренное диуретическое действие.

Препараты брома обладают способностью концентрировать и усиливать процессы торможения в коре головного, мозга: по дан-

ным И. П. Павлова и его учеников, они могут восстанавливать равновесие между процессами возбуждения и торможения, особенно при повышенной возбудимости центральной нервной системы.

При эндемическом зобе назначают препараты йода: калия йодид KI или натрия йодид NaI в дозах, соответствующих суточной потребности человека в йоде (0,001 г йодида калия). В районах, где имеется дефицит йода, для профилактики эндемического зоба добавляют к поваренной соли NaI или KI. При повышенной активности щитовидной железы (гипертиреоз) вследствие избыточного синтеза тиреоидных гормонов наблюдается ненормально увеличенная скорость метаболических процессов. При эндемическом зобе йодид-ион используют для синтеза гормонов, в то время как при гипертиреозе йодид-ион тормозит йодирование тирозина.

При неэффективности препаратов для лечения гипертиреоза применяют препарат радиоактивного йода ^{131}I , излучение которого разрушает фолликулы щитовидной железы и уменьшает тем самым избыточный синтез гормонов.

Препараты, содержащие йод, обладают различными свойствами. Элементарный йод оказывает противомикробное действие, его растворы широко применяют для обработки ран, подготовки операционного поля, при нанесении на кожу и слизистые оболочки оказывают раздражающее действие и могут вызвать рефлекторные изменения в деятельности организма. Всасываясь, йод оказывает активное влияние на обмен веществ, усиливает процессы диссимиляции. Особенно выражено его влияние на функцию щитовидной железы, так как он участвует в синтезе тироксина. Суточная потребность организма в йоде составляет около 200-220 мкг. При недостаточности йода происходит нарушение синтеза тироксина и угнетение функции щитовидной железы, введение йода усиливает в этих случаях синтез тироксина.

Малые дозы йода (Микройод) оказывают тормозящее влияние на образование тиреотропного гормона в передней доле гипофиза. Йод влияет на липидный и белковый обмен. При применении препарата йода у больных атеросклерозом наблюдается тенденция к снижению холестерина в крови, уменьшается содержа-

ние б-липопротеидов. Под влиянием препаратов йода несколько уменьшается свертываемость крови. Рефлекторным повышением секреции слизи железами дыхательных путей и протеолитическим действием объясняется применение препаратов йода в качестве отхаркивающих и муколитических средств.

12.5.3. Применение соединений фтора, хлора, брома, йода в медицине и фармации

Из-за высокой токсичности соединения фтора в медицине не применяются. Однако имеются некоторые лекарственные препараты, в которых атомы фтора входят в состав радикалов.

1. **Vitaftorum** (витафтор). Применяют в комплексе лечебно-профилактических мероприятий у детей при кариесе зубов и для улучшения формирования тканей постоянных зубов. Назначают детям, проживающим в районах с недостаточным содержанием фтора (менее 1 мг/л) в питьевой воде. Аскорбиновая кислота предупреждает побочное влияние фтора. Препарат противопоказан при содержании фтора в питьевой воде свыше 1,5 мг/л и при явлениях А и D гипервитаминоза.

2. **Acidum hydrochloricum** (кислота соляная разведенная). Применяют внутрь в каплях и микстурах (часто вместе с пепсином) при недостаточной кислотности желудочного сока. При гипохромных анемиях вместе с препаратами железа обычно назначают разбавленную хлороводородную кислоту, она способствует улучшению всасывания и использования железа. Вышие дозы для взрослых внутрь: разовая 2 мл (40 капель), суточная 6 мл (120 капель).

3. **Solutio Natrii chloridi isotonica** (раствор натрия хлорида изотонический 0,9% для инъекций). Применяют при обезвоживании организма. Раствор вводят капельно до 3 л в сутки. Раствор натрия хлорида изотонический не оказывает раздражающего действия на ткани, его применяют для промывания ран, глаз, слизистой оболочки носа, а также для растворения различных лекарственных препаратов.

Гипертонические растворы натрия хлорида (3-5-10%) применяют наружно в виде компрессов и примочек при лечении гнойных ран. Гипертонический раствор вводят (медленно 10-20 мл 10% раствора) при легочных и кишечных кровотечениях, а также для усиления диуреза. В виде клизмы применяют 5% раствор натрия хлорида для вызывания дефекации, 2-5% раствор назначают внутрь и для промывания желудка при отравлениях нитратом серебра, который при этом превращается в нерастворимый и нетоксичный хлорид серебра. Введение гипертонических растворов натрия хлорида под кожу не допускается (некроз тканей).

Натрия хлорид применяют также для ванн, обтираний, полосканий (1-2% раствор) при заболеваниях верхних дыхательных путей.

4. **Solutio Ringer Loche.** Solutio Natrii chloridi composita (раствор Рингера–Локка) имеет более «физиологический» состав, чем изотонический раствор натрия хлорида. Его применяют так же, как и изотонический раствор натрия хлорида.

5. **Kalii chloridum** (калия хлорид) KCl. Применяют при гипокалиемии, интоксикации наперстянкой, аритмиях различного происхождения. Принимают в виде 10% водного раствора или растворяют порошок или таблетки калия хлорида в 1/2 стакана воды или во фруктовом соке. Принимают препарат после еды.

Применение калия хлорида противопоказано при нарушении выделительной функции почек, в этом случае калий накапливается в плазме крови, что может привести к интоксикации.

6. **Calcii chloridum** (кальция хлорид). Применяют при различных патологических состояниях:

- а) при недостаточной функции паращитовидных желез;
- б) при усиленном выделении кальция из организма;
- в) при аллергических заболеваниях (крапивнице сывороточной болезни, сенной лихорадке;
- г) как средство, уменьшающее проницаемость сосудов, при пневмонии, плеврите, эндометрите;
- д) при кожных заболеваниях (зуде, экземе, псориазе);
- е) при нефрите, паренхиматозном гепатите, токсических поражениях печени.

Применяют как противоядие при отравлении солями магния, щавелевой кислотой и её растворимыми солями, а также растворимыми солями фтороводородной кислоты. CaCl_2 назначают внутрь (5-10% раствор) и внутривенно (10% раствор). Внутривенно препарат вводят очень медленно. Растворы CaCl_2 нельзя вводить под кожу или внутримышечно, т. к. они вызывают сильное раздражение и некроз тканей.

7. **Calcaria chlorata** (хлорная известь) CaOCl_2 . Применяют как дезинфицирующее средство в сухом виде и в виде 0,2-5% растворов.

8. **Natrii bromidum** (натрия бромид) NaBr . Применяют при неврастении, истерии, неврозах, повышенной раздражительности, бессоннице, начальных формах гипертонической болезни, при эпилепсии и холере.

Натрия бромид назначают внутрь в микстурах, таблетках, вводят также внутривенно.

9. **Kalii bromidum** (калия бромид) KBr . Назначают только внутрь при тех же показаниях в тех же дозах, что и натрия бромид. Внутривенно не вводят из-за возможного угнетающего влияния ионов калия на проводимость и возбудимость сердечной мышцы. Часто назначают вместе с калия йодидом.

10. **Solutio Iodi spirituosa** 5% (раствор йода спиртовый). Применяют наружно как антисептическое, раздражающее и отвлекающее средство при воспалительных и других заболеваниях кожи и слизистых оболочек. Внутрь назначают для профилактики атеросклероза.

11. **Solutio Lugoli** (раствор Люголя). Применяют наружно главным образом для смазывания слизистой оболочки горла, гортани. Внутрь назначают по 5-10 капель 2 раза в день.

12. **Kalii iodidum** (калия йодид) KI . Применяют при эндемическом зобе, гипертиреозе, воспалительных заболеваниях дыхательных путей, глазных заболеваниях (катаракта и др.), бронхиальной астме.

Калия йодид – эффективное муколитическое средство, особенно у больных бронхиальной астмой. Применяют в виде 1-3% водного раствора, обильно запивая теплой водой.

Как вспомогательное средство KI назначают больным сифилисом. Препарат способствует рассасыванию инфильтрата, уменьшению болей.

Мазь, содержащая 15% калия йодида, предложена для эпиляции при грибковых поражениях кожи. Применяют также KI (внутрь) при лечении кандидозов.

12. **Natrii iodidum** (натрия йодид) NaI. Показания к применению и дозы такие же как для калия йодида.

13. **Tabulettae «Antistruminum»** (таблетки «Антиструмин»). Применяют для предупреждения эндемического зоба.

В химическом анализе широко применяется йодометрическое титрование. Из неорганических веществ этим методом анализируют KMnO_4 , Na_3AsO_4 , Hg_2Cl_2 , CuSO_4 и многие органические лекарственные препараты – формалин, акрихин, анальгин, антипирин, аскорбиновую кислоту, пенициллин и др. В основе йодометрического титрования лежат реакции восстановления свободного йода до йодид ионов и окисления йодид ионов в свободный йод.

12.5.4. Токсическое действие соединений фтора, хлора, брома и йода на живой организм

Вреден не только недостаток, но и избыток фтора. При содержании фтора в питьевой воде выше предельно допустимой нормы (1,2 мг/л) зубная эмаль легко разрушается и появляются симптомы хронического отравления фтором – флуороз (фтороз) – повышение хрупкости костей, костные деформации и общее истощение организма.

Жизненно необходимые хлорид-ионы не обладают токсическим действием, в то время как молекулярный хлор – высокотоксичный газ, применявшийся в первую мировую войну в качестве отравляющего вещества. Газообразный хлор раздражает слизистые оболочки глаз, носа, гортани, вызывает тяжелое поражение легких. Предельно допустимая концентрация газообразного хлора в воздухе 0,001 мг/л.

Злоупотреблять препаратами брома опасно, т. к. накопление брома в организме вызывает отравление. Бромид-ионы легко всасываются в желудочно-кишечном тракте. Их токсичность не высока. Однако вследствие медленного выведения из организма они могут куммулировать, что приводит к развитию хронического отравления, которое называется «бромизмом». При появлении признаков хронического отравления бромом немедленно прекращают прием препаратов брома, вводят большое количество хлорида натрия, чтобы увеличить скорость выделения бромид-ионов и назначают обильное питье.

Большие дозы элементарного йода очень опасны: 2-3 г являются смертельными. Пары йода также ядовиты. Они вызывают сильное катаральное воспаление слизистой оболочки носа и глаз (йодный насморк).

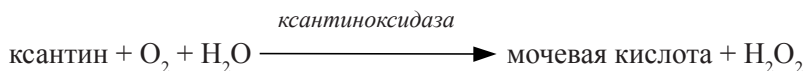
13. Биогенные элементы *d*-семейства

13.1. Биологическая роль хрома (Cr), молибдена (Mo), вольфрама (W)

Хром относится к биогенным элементам. Общая масса хрома у взрослого человека равняется 6 мг. Как микроэлемент хром изучен еще недостаточно, но его существенная биогенная роль не вызывает сомнения. Установлено, что он играет важную роль в процессе метаболизма углеводов, осуществляя, по-видимому, связывание инсулина с рецепторами клеточных мембран. С этим согласуется тот факт, что обычное содержание хрома в сыворотке крови, которое составляет приблизительно 0,03 мМ, резко снижается при введении в кровь глюкозы. Хром потенцирует действие инсулина в периферических клетках, влияет на гомеостаз сывороточного холестерина.

Кроме того, хром входит в состав некоторых ферментов, осуществляющих окислительно-восстановительные реакции в клетках. Входит в состав пепсина, расщепляющего белки в пищеварительном тракте животных.

Молибден является эссенциальным (жизненно необходимым) микроэлементом. По содержанию в организме человека молибден относится к микроэлементам. Он входит во многие ферменты (ксантиндегидрогеназы, ксантиноксидазы, альдегидоксидазы, нитроредуктазы, сульфитоксидазы и др.), которые являются катализаторами окислительно-восстановительных процессов в растительных и животных организмах. Активные центры ферментов обычно содержат молибден, связанный с серой. Например, ксантиноксидаза – фермент, ускоряющий обмен сложных белков (в частности, пуриновый обмен):



Если мочевая кислота не успевает выводиться из организма, то соли её скапливаются в суставах и мышечных сухожилиях, вызывая подагру. Как лекарственные препараты соединения молибдена в медицинской практике не применяются. Есть данные, что молибден играет важную роль в процессе включения фтора в зубную эмаль.

Вольфрам. В отличие от молибдена вольфрам не относится к эссенциальным элементам. Однако, вольфрам способен замещать молибден и ингибировать молибдензависимые ферменты, например, ксантиноксидазу, что способствует снижению уровня мочевой кислоты и повышению уровня ксантина и гипоксантина. Есть данные, что вольфрам не обладает канцерогенными, тератогенными и метаболическими свойствами у человека и животных.

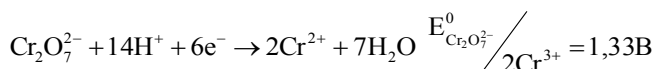
13.1.1. Лечебное действие неорганических соединений молибдена

Проводятся исследования эффективности применения молибдата аммония для лечения новообразований головного мозга и мужского бесплодия.

13.1.2. Применение неорганических соединений хрома и молибдена в медицине и фармации

В медицине в лечебных целях соединения хрома из-за высокой токсичности в настоящее время не используются. Для диагностики заболеваний крови и желудочно-кишечного тракта применяется раствор Na_2CrO_4 меченый изотоп ^{51}Cr для инъекций (*Solutio Natrii chromatis chromo – 51 notati pro injectionibus*).

Окислительные свойства хроматов и дихроматов широко используют в аналитической практике (хроматометрия). Метод основан на применении дихромата калия как сильного окислителя:



Хроматометрия используется для определения железа (II), урана (IV), меди (I), молибдена (III), некоторых органических веществ.

В санитарно-гигиенической практике применяют хроматометрию для анализа промышленных и сточных вод. В ходе анализа определяется так называемая окисляемость воды, которая характеризует общее содержание органических и неорганических восстановителей. В лабораторной практике для очистки химической посуды широко применяют хромовую смесь, состоящую из $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, H_2O и концентрированной H_2SO_4 в соотношении 1:6:2 (по массе), которая обладает сильными окислительными свойствами.

Некоторые соединения молибдена применяются в анализе. Молибдат аммония $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 \times 4\text{H}_2\text{O}$ используется как аналитический реактив на красный фосфор в присутствии концентрированной азотной кислоты, образуется осадок аммониевой соли гетерополифосформолибденовой кислоты: $(\text{NH}_4)_3\text{H}_4[\text{P}(\text{Mo}_2\text{O}_7)_6]$.

13.1.3. Токсическое действие соединений хрома

Соединения хрома оказывают отрицательное воздействие на организм человека: общетоксическое, вызывают дерматиты и экземы при соприкосновении с кожей, аллергенное, канцерогенное. При этом соединения хрома (VI) значительно токсичнее, чем соеди-

нения хрома (III). Растворимые соединения хрома ядовиты: пары хромовой кислоты повреждают слизистые оболочки носа и дыхательных путей, хроматы и дихроматы разъедают кожу и вызывают экзему, а также повышают чувствительность к аллергенам. При приемах внутрь наблюдаются ожоги слизистой оболочки полости рта, ожоги пищевода и желудка, отечность. В литературных источниках имеются разноречивые данные о смертельной дозе хроматов 0,2-0,5-1 г и даже 8 г.

При содержании в водоемах соединения хрома (VI) могут вызывать поражение внутренних органов при потреблении с питьевой водой, а при купании – воспалительные изменения слизистых глаз, дерматиты и экземы, а также оказать канцерогенное действие. Предельно допустимая концентрация хрома в питьевой воде 0,05 мг/л.

13.2. Биологическая роль d-элементов VII группы: марганец

Марганец – один из десяти металлов жизни. Он является важным биогенным элементом, который необходим для нормального протекания процессов в организме. Марганец является эссенциальным элементом для человека и животных. Соединения марганца в основном поступают в организм с пищей. Всасывание марганца происходит в тонком кишечнике. Этому процессу способствуют витамины B₁, E, в умеренных количествах фосфор и кальций, а препятствует – избыточное поступление в организм фосфора и кальция. Среднесуточная потребность человека в марганце около 5 мг, она удовлетворяется той пищей, которую мы едим. Биосуваряемость марганца низкая и составляет всего 3-5%. В органах и тканях взрослого человека содержится около 12 мг марганца. Концентрируется он главным образом в костной ткани (до 43% от общего количества), печени, почках, поджелудочной железе.

В организме марганец образует комплексы с белками, нуклеиновыми кислотами (РНК и ДНК) и аминокислотами. Хотя эти комплексы из-за большого радиуса катиона Mn²⁺ и его жесткости обычно мало устойчивы, но способствуют активации большого

числа ферментов. Установлено, что биогенная роль ионов марганца (II) в организме разнообразна: они оказывают влияние на кроветворение, образование костей, минеральный обмен, процессы размножения и др. Так как ионные радиусы марганца и магния близки, они могут замещать друг друга в биохимических процессах. Марганец участвует в таком жизненно важном процессе, как аккумуляция и перенос энергии в организме, доказано его участие в синтезе витаминов группы В и С. В опытах на животных установлено влияние марганца на образование гемоглобина. Имеются данные, что это влияние марганца проявляется при некотором оптимальном соотношении марганца и железа. Таким образом, марганец – жизненно необходимый элемент.

Следует отметить, что в организме марганец находится в степени окисления +2, но его восстановительные свойства не выражены. Участвуя в биохимических процессах, марганец, как правило, не меняет своей степени окисления. Очевидно, это связано с тем, что в организме нет сильных окислителей, а также с тем, что органические лиганды стабилизируют состояние марганца (II).

Дефицит марганца является одним из распространенных отклонений в биоэлементном обмене современного человека. Это связано с повышенной психо-эмоциональной нагрузкой, за счет повышенного расходования марганца для обеспечения основных нейрохимических процессов, протекающих в центральной нервной системе.

13.2.1. Лечебное действие неорганических соединений марганца

Из соединений марганца в медицинской практике используют перманганат калия. Применяют растворы различных концентраций (в зависимости от заболевания). В целом растворы KMnO_4 обладают антисептическими и прижигающими свойствами и используются для обработки поверхности кожи и слизистых оболочек, что обусловлено окислительным и коагулирующим действием его на белки. Лечебное действие KMnO_4 основано на реакции:



Образующийся MnO_2 оказывает вяжущее, раздражающее и прижигающее действие, а выделяющийся кислород обладает антимикробным и дезодорирующим действием. Кислород выделяется без образования пузырьков, поэтому растворы KMnO_4 можно вводить в глубокие раны при анаэробной инфекции.

Перманганат калия является препаратом наружного действия. Иногда раствор KMnO_4 применяют внутрь для окисления токсичных органических веществ, переводя их в менее токсичные формы. Например, морфин окисляется в мало токсичный оксиморфин.

Кроме того, в комплексе с другими компонентами используют сульфат и хлорид марганца (II) для лечения анемии. При больших кровопотерях также применяют соединения марганца в сочетании с солями меди (II) и кобальта (II).

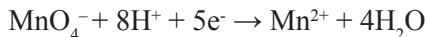
13.2.2. Применение неорганических соединений марганца в медицине и фармации

Kalii permanganas (калия перманганат) KMnO_4 . Применяют как антисептическое средство наружно в водных растворах для промывания ран

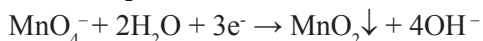
(0,1-0,5%), для полоскания полости рта и горла (0,01-0,1%), для смазывания язвенных и ожоговых поверхностей (2-5%), для спринцеваний и промываний в гинекологической и урологической практике (0,02-0,1%). Растворы

(0,02-0,1%) применяют также для промывания желудка при отравлениях морфином, аконитином и другими алкалоидами, а также фосфором.

Для анализа ряда химических соединений и лекарственных препаратов, обладающих свойствами восстановителей, H_2O_2 , NaNO_2 , FeSO_4 и др. применяют растворы перманганата калия, который и дал название методу – перманганатометрия. Определение проводят в кислой среде в присутствии серной кислоты:



Используют также восстановление перманганат-ионов в нейтральной среде до MnO_2 (бурого осадка) по полуреакции:



Перманганатометрию используют в клиническом и биохимическом анализе для определения некоторых ферментов, а также для определения мочевой кислоты в крови. В санитарно-гигиенической практике используют перманганат калия для определения окисляемости воды в промышленных и сточных водах.

13.2.3. Токсическое действие соединений марганца на живой организм

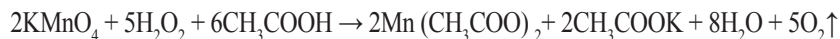
При действии на организм через органы дыхания соединения марганца приводят к тяжёлым поражениям центральной нервной системы, а также действуют на почки, органы кровообращения и легкие. Предельно допустимая концентрация его соединений в воздухе равна 0,0003 мг/л в пересчёте на марганец. Описаны случаи острого отравления марганцевой пылью на производстве, с последующим быстрым развитием «марганцевого психоза» и других патологических проявлений.

Всемирная организация здравоохранения установила предельно допустимую концентрацию в питьевой воде марганца 0,5 мг/л и желательную – 0,1 мг/л.

При попадании в организм перманганаты токсичны из-за сильных окислительных свойств. При полосканиях, спринцеваниях концентрированными растворами перманганата калия наблюдается отёк слизистых оболочек с последующими воспалительными явлениями, приводящими иногда к общему отравлению организма.

Независимо от способа введения марганец выводится из организма через желудочно-кишечный тракт и почки. Основным органом, задерживающим марганец, является печень.

Для лечения острых отравлений перманганатами используют 3%-й раствор пероксида водорода в уксуснокислой среде:



13.3. Биологическая роль d-элементов VIII группы: железа (Fe), кобальта (Co), никеля (Ni)

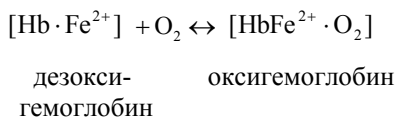
Железо. По содержанию в организме человека железо относится к жизненно необходимым микроэлементам. Большая часть железа ($\approx 70\%$) сосредоточена в гемоглобине крови. Железо входит в состав ферментов, например, цитохромов, каталазы и др. В связанной форме железо находится в белках, которые выполняют роль переносчиков железа.

Комплексные соединения железа:

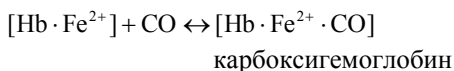
а) Гемоглобин

Наиболее важным внутрикомплексным соединением железа является гемоглобин, который представляет собой белок, содержащий небелковую группу – гем. Гем – это бионеорганический комплекс железа (II) с органическим веществом – порфирином.

Физиологическая функция гемоглобина заключается в способности обратимо связывать кислород и переносить его от легких к тканям. Если гемоглобин условно обозначить HbFe^{2+} , то реакцию обратимого присоединения кислорода можно выразить схемой:



Гемоглобин, присоединивший кислород, называется оксигемоглобином, а без кислорода – дезоксигемоглобином. Гемоглобин взаимодействует также с оксидом углерода (II) (угарным газом). При этом образуется макроциклический комплекс с железом – карбоксигемоглобин:



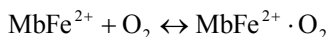
Константа устойчивости этого комплекса приблизительно в 200 раз больше, чем оксигемоглобина. Поэтому при вдыхании оксида углерода (II) большая часть гемоглобина переходит в карбоксигемоглобин, что нарушает перенос кислорода от легких к тканям

и вызывает отравление организма. При значительном увеличении парциального давления кислорода равновесие реакции может сместиться в сторону разрушения $[\text{Hb} \cdot \text{Fe}^{2+} \cdot \text{CO}]$ и частичного образования оксигемоглобина.

Серьезной причиной отравления оксидом углерода (II) является курение. Содержание карбоксигемоглобина в крови курильщика, выкуривающего пачку сигарет в день, составляет в среднем 4,7%, а у некурящих всего – 0,3-0,5%.

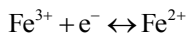
б) Миоглобин (Mb)

Комплексообразователем в миоглобине является ион Fe^{2+} , который, предоставляя 6 свободных атомных орбиталей, образует 6 связей по донорно-акцепторному механизму. Из них 4 связи железо образует с порфириновым лигандом, пятая занята белком глобином, а шестая связь – молекулой воды, которая связана лабильно с комплексообразователем. Миоглобин связывает часть кислорода, поступающего в ткань, за счет замещения молекулы воды на молекулу кислорода, образуя оксигемоглобин $[\text{Mb} \cdot \text{Fe}^{2+} \cdot \text{O}_2]$:

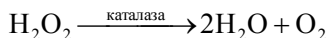


Миоглобин достаточно прочно удерживает кислород. Это позволяет тканям запасать кислород для его использования только при острой кислородной недостаточности.

в) Цитохромы – группа окислительно-восстановительных ферментов, представляющих собой гемсодержащий комплекс с белком. Функция комплекса заключается в переносе электрона за счет обратимого изменения степени окисления комплексообразователя:



г) Каталазы и пероксидазы – группа железосодержащих ферментов, активные центры которых содержат Fe^{3+} . Каталаза ускоряет разложение H_2O_2 :



Пероксидаза ускоряет реакции окисления субстратов RH_2 пероксидом водорода:



Таким образом, эти ферменты защищают клетку от H_2O_2 – продукта свободного окисления.

д) Ферритин

В органах и тканях имеется депонированное (запасенное) железо, которое используется, если возникает дефицит железа. Депонируется оно с помощью белка – ферритина, который представляет собой биокластер с высокой молекулярной массой.

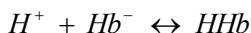
Кобальт относится к жизненно необходимым (эссенциальным) элементам. В организме содержится 1,2 мг кобальта в основном в составе витамина B_{12} , центральным атомом которого является Co^{3+} . Витамин B_{12} необходим для нормального кроветворения и созревания эритроцитов, синтеза аминокислот, белков, РНК, ДНК.

Никель. В организме человека никель содержится в количестве 5-13,5 мг, около 49% микроэлемента в мышечной ткани, кроме того в лёгких, коже, печени. В организме человека он входит в состав ряда ферментов. Установлено, что никель пролонгирует действие инсулина, что увеличивает его гипогликемическую активность. Никель оказывает влияние на ферментативные процессы, окисление аскорбиновой кислоты, ускоряет процесс перехода сульфгидрильных групп в дисульфидные. Он угнетает действие адреналина и снижает артериальное давление.

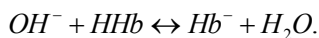
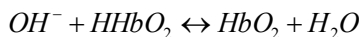
13.3.1. Лечебное действие соединений железа и витамина B_{12}

Соединения железа (II) используются при различных заболеваниях, сопровождающихся анемией. Механизм терапевтического действия соединений железа (II) связан с образованием гемоглобиновой буферной системы. Гемоглобиновая буферная система является буферной системой эритроцитов, которая включает в качестве донора протона две слабые кислоты: гемоглобин Hb ($\text{pK}_a=8,20$) и оксигемоглобин HbO_2 ($\text{pK}_a=6,95$). Роль акцепторов протона играют сопряженные этим кислотам основания, т. е. их анионы Hb^- и HbO_2^- . Механизм буферного действия гемоглобиновой буфер-

ной системы основан на следующих реакциях. При добавлении кислоты:



Поглощать ионы H^+ в первую очередь будут анионы гемоглобина, который имеет большое сродство к протону. При действии основания наибольшую активность будет проявлять оксигемоглобин по сравнению с гемоглобином:



Таким образом, гемоглобиновая система крови играет очень значительную роль сразу в двух важнейших физиологических процессах – дыхании и поддержании постоянства pH внутри эритроцитов, а в конечном итоге – крови. Гемоглобиновая буферная система в организме эффективно функционирует только в сочетании с гидрокарбонатной системой.

Лечебное действие витамина B_{12} заключается в том, что некоторые его формы образуют в качестве кофермента соединения с витамином B_6 или с некоторыми ферментами. В этих случаях он выполняет две основные функции: 1) роль метилирующего агента; 2) взаимный перенос атомов водорода и различных групп между соседними атомами углерода биосубстрата, при этом кобальт восстанавливается: $Co^{3+} + e^- \leftrightarrow Co^{2+}$

13.3.2. Применение соединений железа и кобальта в медицине и фармации

1. **Ферковен Fercovenum** (содержит железа сахарат, кобальта глюконат и раствор углеводов) – применяется при анемии.

2. **Железа лактат (Ferri lactas)** – применяется при гипохромных анемиях.

3. **Железа закисного сульфат (Ferrosi sulfas)** – применяется при анемии.

4. **Ферроплекс** (FeSO_4 с аскорбиновой кислотой) (Ferroplex) – применяется при анемии.

5. **Железа глицерофосфат** (Ferri glycerophosphas) – применяется при анемии, астении.

6. **Железа (III) хлорид** (Ferri chloridum) – дезинфицирующее и кровоостанавливающее средство.

7. **Железо восстановленное** (Ferrum reductum) – при анемии.

8. **Феррум Лек** (Ferrum Lek) – применяется внутримышечно и внутривенно при лечении гипохромной анемии.

9. **Радиоактивные изотопы железа (^{59}Fe)** – применяют при исследованиях обмена железа в организме.

10. **Коамид Coamidum** – содержит кобальт – применяется для лечения анемии.

11. **Витамин B_{12}** или цианокобаламин Суаносcobalaminum – применяется при лечении анемии, нервных заболеваний.

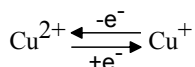
12. **Изотоп радиоактивного кобальта ^{60}Co** – применяют для диагностики и лечения злокачественных опухолей.

13.4. Биологическая роль d-элементов I, II группы: меди (Cu), серебра (Ag), цинка (Zn), ртути (Hg)

Медь. По содержанию в организме медь относится к микроэлементам, является металлом жизни и концентрируется в печени, головном мозге и в крови.

В настоящее время известно около 25 медьсодержащих белков и ферментов. Эти ферменты активируют молекулу кислорода, которая участвует в процессе окисления органических соединений. Они составляют группу так называемых оксигеназ и гидроксилаз. Имеется большая группа медьсодержащих белков, которые катализируют окислительно-восстановительные реакции с переносом протона или электронов от окисляемого вещества непосредственно на молекулярный кислород – это так называемые оксидазы. К оксидазам относится такой важнейший дыхательный фермент, как цитохромоксидаза (ЦХО), которая катализирует завершающий этап тканевого дыхания. Все ферменты тканевого дыхания связаны

с внутренними мембранами митохондрий. В ходе каталитического процесса степень окисления меди цитохромоксидазы обратимо изменяется:



Окисленная форма цитохромоксидазы (Cu^{2+}) принимает электроны, переходя в восстановительную (Cu^+) форму, окисляющуюся молекулярным кислородом, который сам при этом восстанавливается. Затем кислород присоединяет протоны из окружающей среды и превращается в воду. Механизм действия цитохромоксидазы не полностью расшифрован. Однако доказано, что на завершающем этапе тканевого дыхания ЦХО осуществляет перенос электронов на кислород.

Одним из медьсодержащих белков, обратимо присоединяющих молекулярный кислород, является гемоцианин (НС).

Медь вместе с железом участвует в кроветворении. Известно, что при дефиците меди в организме нарушается обмен железа между плазмой крови и эритроцитами, это может привести к разрушению эритроцитов. Потребность человека в меди 2-3 мг в сутки. Она полностью обеспечивается потребляемой пищей.

Серебро – примесный микроэлемент. В организме человека содержится приблизительно 7,3 ммоль серебра. Концентрируется серебро в печени, в гипофизе, эритроцитах, в пигментной оболочке глаза.

Цинк является микроэлементом и относится к металлам жизни. В организме концентрируется главным образом в мышцах, печени, поджелудочной железе, тестикулах.

Цинк входит в состав более 40 металлоферментов, которые катализируют гидролиз пептидов, белков, некоторых эфиров и альдегидов. По-видимому, эта роль в определенной степени обусловлена тем, что цинк не проявляет разных степеней окисления. Постоянная степень окисления определяет его участие в реакциях гидролиза, идущих без переноса электронов.

Одним из ранее открытых и наиболее изученных является цинксодержащий фермент – карбоангидраза. Этот фермент крови, содержащийся в эритроцитах, встречается в трех формах, которые

отличаются активностью. Фермент состоит приблизительно из 260 аминокислотных остатков и представляет собой бионеорганический комплекс.

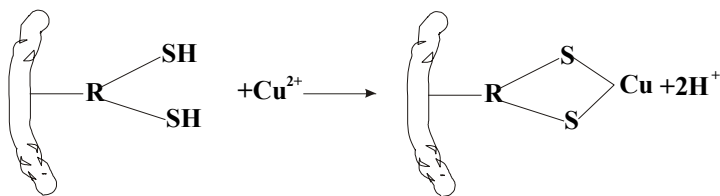
Цинк, расположенный в полости комплекса является важнейшим и незаменимым компонентом активного центра фермента. При удалении Zn фермент теряет каталитическую активность. Содержание цинка в ферменте порядка 0,33%. Хотя доля металла невелика, его роль трудно переоценить. Именно благодаря этому небольшому количеству цинка образующийся в тканях оксид CO_2 превращается в кислоту H_2CO_3 . Затем в легких идет процесс дегидратации H_2CO_3 . Таким образом, эта обратимая реакция влияет на процесс дыхания, на его скорость, на газообмен в организме.

Существуют ферменты, которые участвуют в гидролизе дипептидов, они называются дипептидазами, в их состав обязательно входит цинк. Цинк входит в состав гормона инсулина, который влияет на содержание сахара в крови. Другими словами, цинк участвует в углеводном обмене.

Ртуть обнаруживается во всех органах и тканях организма человека. Биологическая роль ртути не ясна.

13.4.1. Лечебное действие неорганических соединений меди, серебра и ртути

Медь. Высокое сродство металлов I группы к сере определяют большую энергию связи $\text{Me} - \text{S}$, а это, в свою очередь, обусловило определенный характер их поведения в биологических системах. Катионы этих металлов легко взаимодействуют с веществами, в состав которых входят группы, содержащие серу. Например, ионы Cu^{2+} реагируют с дитиоловыми ферментами микроорганизмов по схеме:



Включение ионов металлов в состав белка инактивирует ферменты, разрушает белки. Такой же механизм лежит и в основе действия лекарственных препаратов, содержащих медь и серебро, применяемых в дерматологии.

Серебро. Как и большинство тяжелых металлов, этот элемент не играет важной роли. Но как все тяжелые металлы, попадая в организм, оказывает токсическое действие, которое обусловлено тем, что, соединяясь с белками, содержащими серу, серебро инактивирует ферменты, разрушает и свертывает белки, образуя нерастворимые альбуминаты. Эта же способность серебра образовывать нерастворимые альбуминаты с белками определяет бактерицидные свойства серебра и его соединений. Уже при содержании серебра порядка 10^{-8} ммоль/л вода обладает бактерицидным действием. В настоящее время доказано, что бактерицидное действие ионов серебра выше таких известных дезинфицирующих средств, как карболовая кислота, хлор, хлорная известь.

Как правило, все используемые в медицине соединения серебра - препараты наружного действия. Их использование основано на вяжущих, прижигающих и бактерицидных свойствах этих соединений.

Некоторые соединения цинка и ртути в небольших концентрациях нашли применение в медицинской практике. Использование их основано на вяжущем, прижигающем и антисептическом действии. Так, цинка сульфат применяют для изготовления глазных капель (0,25%), цинка хлорид используют в стоматологической практике для прижигания папиллом, для лечения воспаленных слизистых тканей. В стоматологической практике используют также цинка оксид и цинка сульфат.

13.4.2. Применение неорганических соединений меди, серебра, цинка и ртути в медицине и фармации

Cupri sulfas (меди II сульфат) $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ – антисептическое и вяжущее средство в виде 0,25% раствора при конъюнктивитах, для промывания мочевого пузыря, при уретритах и вагинитах.

Argenti nitras (серебра нитрат) AgNO_3 – вяжущее, прижигающее и противовоспалительное средство. Назначают в виде водных растворов, мазей, а также в виде лаписных карандашей.

Stillius Lapidis (карандаш лаписный) – для прижиганий.

Protargoli (протаргол) – вяжущее, антисептическое противовоспалительное средство для смазывания слизистых оболочек верхних дыхательных путей, для промывания мочеиспускательного канала и мочевого пузыря, в глазных каплях при конъюнктивите, блефарите.

Collargolum (колларгол) – коллоидный раствор серебра применяют в виде 0,2-1 % раствора для промывания гнойных ран.

Zinci sulfas (цинка сульфат) $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – антисептическое и вяжущее средство при конъюнктивитах и хроническом катаральном ларингите, в редких случаях назначают внутрь как рвотное.

Zinci oxydum (цинка оксид) ZnO – применяют наружно в виде присыпок, мазей, паст, как вяжущее, подсушивающее и дезинфицирующее средство при кожных заболеваниях.

Hydrargyri dichloridum (ртути II хлорид) HgCl_2 – обладает антисептическим действием.

Hydrargyri amidochloridum (ртути амидхлорид) HgNH_2Cl – обладает антисептическим действием.

В настоящее время лекарственные препараты ртути в виду токсичности не применяются.

14. Тестовые задания для самоконтроля студентов.

Из предлагаемых вариантов ответа выберите один правильный ответ.

Общая характеристика биогенных элементов

1. ТОЛЬКО ЭЛЕМЕНТЫ-ОРГАНОГЕНЫ ПЕРЕЧИСЛЕНЫ В РЯДУ

- 1) C, H, O, N, P, Cl
- 2) C, H, O, Na, P, S
- 3) C, H, O, N, P, S
- 4) C, H, O, Na, K, Ca
- 5) C, H, O, N, Fe, Mn

2. ТОКСИЧНЫМИ ЯВЛЯЮТСЯ ВСЕ ЭЛЕМЕНТЫ В РЯДУ

- 1) Hg, Pb, As
- 2) Hg, N, P
- 3) Hg, Pb, S
- 4) C, Hg, O
- 5) Pb, N, Fe

3. «МЕТАЛЛАМИ ЖИЗНИ» ЯВЛЯЮТСЯ ВСЕ ЭЛЕМЕНТЫ В РЯДУ

- 1) Cd, Ni, Fe
- 2) Pb, Mn, Co
- 3) Co, Zn, Hg
- 4) Fe, Co, Sr
- 5) Na, Mn, Fe

4. ЖИЗНЕННО НЕОБХОДИМЫМИ ЯВЛЯЮТСЯ ВСЕ ЭЛЕМЕНТЫ В РЯДУ

- 1) O, B, Sr
- 2) K, S, Cd
- 3) Mg, Cl, Ca
- 4) Cl, Pb, Fe
- 5) S, Bi, Hg

5. ЭЛЕМЕНТЫ, СОДЕРЖАНИЕ КОТОРЫХ В ОРГАНИЗМЕ 10^{-3} - $10^{-5}\%$, НАЗЫВАЮТСЯ

- 1) «металлами жизни»
- 2) макроэлементами
- 3) микроэлементами
- 4) примесными элементами
- 5) органогенами

6. ЭЛЕМЕНТЫ, СОДЕРЖАНИЕ КОТОРЫХ В ОРГАНИЗМЕ ВЫШЕ $10^{-2}\%$, НАЗЫВАЮТСЯ

- 1) макроэлементами
- 2) микроэлементами
- 3) примесными элементами
- 4) ультрамикроэлементами
- 5) «металлами жизни»

7. ЭЛЕМЕНТЫ, СОДЕРЖАНИЕ КОТОРЫХ В ОРГАНИЗМЕ МЕНЕЕ $10^{-5}\%$, НАЗЫВАЮТСЯ

- 1) макроэлементами
- 2) микроэлементами
- 3) «металлами жизни»
- 4) примесными элементами
- 5) органогенами

8. КОЛИЧЕСТВЕННОЕ СОДЕРЖАНИЕ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ЭЛЕМЕНТОВ

- 1) прямо пропорциональна их порядковым номерам в ПС
- 2) обратно пропорциональна их порядковым номерам в ПС
- 3) подчиняются явлению вторичной периодичности
- 4) не зависят друг от друга
- 5) такая зависимость не установлена

9. ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ ВЕЛИЧИНОЙ РАДИУСА АТОМОВ И ТОКСИЧНОСТЬЮ ЭЛЕМЕНТОВ

- 1) обратная – чем меньше эффективный радиус, тем токсичнее элемент

- 2) не существует
- 3) не установлена
- 4) отсутствует
- 5) прямая – чем больше эффективный радиус, тем токсичнее элемент

10. ОТРАВЛЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА МЕТАЛЛАМИ-ТОКСИКАНТАМИ ПРОИСХОДИТ ИЗ-ЗА

- 1) блокирования сульфгидрильных групп белков, ферментов
- 2) взаимодействия с углеводами
- 3) взаимодействия с фосфолипидами мембран
- 4) взаимодействием с ионами оксония
- 5) нарушения гетерогенного равновесия в организме

Биогенные элементы р-семейства

11. АНТИСЕПТИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ БУРЫ ОБЪЯСНЯЕТСЯ

- 1) окислительными свойствами
- 2) восстановительными свойствами
- 3) присоединением OH^- -ионов
- 4) гидролизом с образованием борной кислоты и щелочи
- 5) гидролизом с образованием оксида бора и щелочи

12. ХИМИЗМ АНТАЦИДНОГО ДЕЙСТВИЯ ГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ ОБЪЯСНЯЕТСЯ

- 1) плохой растворимостью в воде
- 2) присоединением OH^- -ионов
- 3) силой основания
- 4) хорошей растворимостью в липидах мембран бактерий
- 5) взаимодействием с ионами оксония

13. АНТИСЕПТИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ АЛЮМОКАЛИЕВЫХ КВАСЦОВ ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) ОБЪЯСНЯЕТСЯ

- 1) образованием комплексных соединений ионов Al^{3+} с белками

- 2) хорошей растворимостью в липидах мембран бактерий
- 3) образованием комплексных соединений ионов K^+ с белками
- 4) присоединением OH^- -ионов
- 5) взаимодействием с ионами оксония

14. ТОКСИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ТАЛЛИЯ ОБУСЛОВЛЕНО

- 1) взаимодействием с ионами оксония
- 2) образованием прочных соединений с серусодержащими лигандами
- 3) хорошей растворимостью в липидах мембран бактерий
- 4) отщеплением протона
- 5) присоединением OH^- -ионов

15. ЛЕКАРСТВЕННЫМ ВЕЩЕСТВОМ ЯВЛЯЕТСЯ СОЕДИНЕНИЕ БОРА

- 1) H_3BO_3
- 2) $H_2B_4O_7$
- 3) $NaBO_2$
- 4) $Co(BO_2)_2$
- 5) HBO_2

16. ПРИ ГОРЕНИИ БОРНОЭТИЛОВОГО ЭФИРА (ПРОДУКТА КАЧЕСТВЕННОЙ РЕАКЦИИ НА БОРНУЮ КИСЛОТУ) ОКРАСКА ПЛАМЕНИ

- 1) красная
- 2) желтая
- 3) зеленая
- 4) фиолетовая
- 5) пламя не окрашивается

17. ПО СОДЕРЖАНИЮ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА УГЛЕРОД И КРЕМНИЙ ЯВЛЯЮТСЯ СООТВЕТСТВЕННО

- 1) микроэлементом и примесным элементом
- 2) макроэлементом и микроэлементом

- 3) микроэлементом и макроэлементом
- 4) не содержатся в организме
- 5) содержание в организме не изучено

18. ТОКСИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ НА ОРГАНИЗМ УГАРНОГО ГАЗА ОБЪЯСНЯЕТСЯ ОБРАЗОВАНИЕМ

- 1) оксигемоглобина
- 2) метгемоглобина
- 3) образованием прочных соединений с серусодержащими лигандами
- 4) образованием комплексных соединений с белками
- 5) карбоксигемоглобина

19. КАРБОГЕН ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ

- 1) смесь газов CO_2 и O_2
- 2) смесь газов CO и O_2
- 3) смесь газов CO_2 и O_3
- 4) уголь активированный
- 5) смесь газов CO_2 и CO

20. УГОЛЬ АКТИВИРОВАННЫЙ ПРИМЕНЯЮТ В МЕДИЦИНСКОЙ ПРАКТИКЕ

- 1) для выведения из обморочного состояния
- 2) для кратковременного наркоза
- 3) как слабительное средство
- 4) как адсорбирующее средство
- 5) для стимуляции дыхания во время наркоза

21. ХИМИЗМ АНТАЦИДНОГО ДЕЙСТВИЯ NaHCO_3 ОБЪЯСНЯЕТСЯ

- 1) образованием комплексов с сульфгидрильными группами белков
- 2) присоединением OH^- -иона
- 3) образованием комплексных соединений ионов Na^+ с белками

- 4) хорошей растворимостью в липидах мембран бактерий
- 5) нейтрализацией избытка соляной кислоты желудочного сока

22. ВЯЖУЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ПРЕПАРАТОВ СВИНЦА (II) ОБЪЯСНЯЕТСЯ

- 1) образованием нерастворимых альбуминатов
- 2) раздражением рецепторов слизистой оболочки желудка
- 3) нейтрализацией избытка соляной кислоты желудочного сока
- 4) присоединением OH^- -иона
- 5) хорошей растворимостью в липидах мембран бактерий

23. ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОЙ РЕАКЦИИ НА ИОН Pb^{2+} (С ОБРАЗОВАНИЕМ ОСАДКА ЧЕРНОГО ЦВЕТА) ИСПОЛЬЗУЮТ ОДИН ИЗ СЛЕДУЮЩИХ РЕАКТИВОВ

- 1) K_2SO_4
- 2) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
- 3) H_2S
- 4) NaCl
- 5) CH_3COONa

24. ПО СОДЕРЖАНИЮ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА АЗОТ И ФОСФОР ЯВЛЯЮТСЯ

- 1) макроэлементами
- 2) микроэлементами
- 3) примесными элементами
- 4) не содержатся в организме
- 5) содержание в организме не изучено

25. В ОРГАНИЗМЕ ФОСФОР ПРИСУТСТВУЕТ В ВИДЕ

- 1) фосфина
- 2) фосфит-иона
- 3) фосфидов металлов
- 4) фосфат-иона
- 5) оксидов фосфора

26. УНИВЕРСАЛЬНЫМ ИСТОЧНИКОМ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ВСЕХ БИОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ЖИВЫХ СИСТЕМАХ, ЯВЛЯЕТСЯ

- 1) оксигемоглобин
- 2) метгемоглобин
- 3) ДНК
- 4) РНК
- 5) АТФ – аденозинтрифосфат

27. ОСНОВНЫМ МИНЕРАЛЬНЫМ КОМПОНЕНТОМ КОСТНОЙ И ЗУБНОЙ ТКАНЕЙ ЯВЛЯЕТСЯ

- 1) $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$
- 2) NaCl
- 3) CaCO_3
- 4) ДНК
- 5) РНК

28. АММОНИЯ ХЛОРИД ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ДЛЯ КОРРЕКЦИИ АЛКАЛОЗА (ЗАЩЕЛАЧИВАНИЯ КРОВИ). МЕХАНИЗМ ЭТОГО ДЕЙСТВИЯ ОБЪЯСНЯЕТСЯ

- 1) раздражением рецепторов слизистой оболочки желудка
- 2) образованием прочных соединений с серусодержащими лигандами
- 3) его превращением в печени в мочевины и соляную кислоту
- 4) образованием нерастворимых альбуминатов
- 5) хорошей растворимостью в липидах мембран бактерий

29. ЛЕКАРСТВЕННЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ АЗОТА ЯВЛЯЮТСЯ ОБА ВЕЩЕСТВА

- 1) NaNO_2 и NaNO_3
- 2) $\text{NH}_3 \times \text{H}_2\text{O}$ и NH_4Cl
- 3) NH_4Cl и N_2O_5
- 4) NO_2 и $\text{NH}_3 \times \text{H}_2\text{O}$
- 5) N_2O и N_2O_5

30. ТОКСИЧНЫМИ ДЛЯ ОРГАНИЗМА ЯВЛЯЮТСЯ ОБА
ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ ВЕЩЕСТВА

- 1) фосфиты и фосфаты
- 2) фосфаты и фосфорорганические соединения
- 3) фосфаты и фосфин
- 4) фосфиты и фосфорорганические соединения
- 5) фосфаты и белый фосфор

31. В ОСНОВЕ КАЧЕСТВЕННЫХ РЕАКЦИЙ НА МЫШЬЯК
ЛЕЖИТ РЕАКЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ АРСИНА, КОТОРЫЙ МО-
ЖЕТ БЫТЬ ПОЛУЧЕН В РЕЗУЛЬТАТЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
ВЕЩЕСТВ

- 1) $\text{As} + \text{HNO}_3 \rightarrow \dots$
- 2) $\text{As}_2\text{O}_3 + \text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$
- 3) $\text{As}_2\text{O}_3 + \text{HCl} \rightarrow \dots$
- 4) $\text{As}_2\text{S}_3 + \text{HCl} \rightarrow \dots$
- 5) $\text{H}_3\text{AsO}_3 + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \dots$

32. РЕАКЦИИ ЗАГНЕР-БЛЕКА СООТВЕТСТВУЕТ УРАВНЕ-
НИЕ

- 1) $2\text{AsH}_3 + 3\text{HgCl}_2 \rightarrow \text{Hg}_3\text{As}_2\downarrow + 6\text{HCl}$
- 2) $6\text{AgNO}_3 + \text{AsH}_3 \xrightarrow{t^\circ} \text{Ag}_3\text{As} \times 3\text{AgNO}_3\downarrow + 3\text{HNO}_3$
- 3) $2\text{AsH}_3 \xrightarrow{t^\circ} 2\text{As}\downarrow + 3\text{H}_2\uparrow$
- 4) $3\text{Mg} + 2\text{As} \rightarrow \text{Mg}_3\text{As}_2$
- 5) $\text{Mg}_3\text{As}_2 + 6\text{HCl} \rightarrow 3\text{MgCl}_2 + 2\text{AsH}_3\uparrow$

33. «МЫШЬЯКОВОЕ ЗЕРКАЛО» ОБРАЗУЕТСЯ В РЕЗУЛЬ-
ТАТЕ РЕАКЦИИ

- 1) Загнер-Блека
- 2) Гутцайта
- 3) Марша
- 4) с реактивом Несслера
- 5) с желтой кровяной солью

34. РЕАКТИВОМ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ АРСИНА ПО РЕАКЦИИ ГУТЦАЙТА ЯВЛЯЕТСЯ

- 1) AgNO_3
- 2) HgCl_2
- 3) Na_2S
- 4) BaCl_2
- 5) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

35. РЕАКТИВОМ НА ИОН СУРЬМЫ (III) ЯВЛЯЕТСЯ

- 1) AgNO_3
- 2) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
- 3) NaCl
- 4) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$
- 5) BaCl_2

36. ОБА СУЛЬФИДА ОКРАШЕНЫ В ЖЕЛТЫЙ ЦВЕТ

- 1) Sb_2S_3 и Sb_2S_5
- 2) As_2S_3 и As_2S_5
- 3) As_2S_5 и Sb_2S_5
- 4) As_2S_3 и Sb_2S_3
- 5) As_2S_3 и Bi_2S_3

37. ПО СОДЕРЖАНИЮ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА КИСЛОРОД ЯВЛЯЕТСЯ

- 1) микроэлементом
- 2) примесным элементом
- 3) макроэлементом
- 4) не содержится в организме
- 5) содержание в организме не изучено

38. ПРЕПАРАТЫ ВОДОРОДА ПЕРОКСИДА ПРИМЕНЯЮТ В МЕДИЦИНСКОЙ ПРАКТИКЕ

- 1) для выведения из обморочного состояния
- 2) в качестве диуретических средств

- 3) в качестве антисептических и дезодорирующих средств
- 4) как слабительное средство
- 5) для стимуляции дыхания во время наркоза

39. ПО СОДЕРЖАНИЮ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА СЕРА И СЕЛЕН ЯВЛЯЮТСЯ СООТВЕТСТВЕННО

- 1) макроэлементом и микроэлементом
- 2) микроэлементом и примесным элементом
- 3) микроэлементом и макроэлементом
- 4) не содержатся в организме
- 5) содержание в организме не изучено

40. СЕЛЕН В ОРГАНИЗМЕ

- 1) способствует переходу фермента пепсина в активную форму
- 2) входит в состав гемоглобина
- 3) участвует в процессе гидролиза АТФ
- 4) стимулирует процессы обмена веществ, усиливает иммунную защиту
- 5) не содержится в организме

41. В МЕДИЦИНСКОЙ ПРАКТИКЕ ПРИМЕНЯЮТСЯ ОБА ВЕЩЕСТВА

- 1) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ и S
- 2) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ и SO_2
- 3) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ и SO_3
- 4) SO_3 и SO_2
- 5) H_2S и SO_2

42. АНАЛИТИЧЕСКИМ ЭФФЕКТОМ РЕАКЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТИОУЛЬФАТА НАТРИЯ ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) С ИОДНОЙ ВОДОЙ ЯВЛЯЕТСЯ

- 1) выделение газа
- 2) образование осадка черного цвета
- 3) выделение тепла

- 4) обесцвечивание иодной воды
- 5) появление зеленой окраски раствора

43. МАКРОЭЛЕМЕНТОМ ПО СОДЕРЖАНИЮ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА ЯВЛЯЕТСЯ ГАЛОГЕН

- 1) хлор
- 2) фтор
- 3) бром
- 4) иод
- 5) астат

44. БРОМИД-ИОНЫ В ОРГАНИЗМЕ

- 1) усиливают процессы возбуждения в ЦНС
- 2) способствуют переходу фермента пепсина в активную форму
- 3) усиливают процессы торможения в ЦНС
- 4) входят в состав гемоглобина
- 5) участвуют в процессе гидролиза АТФ

45. ЭНДЕМИЧЕСКИЙ ЗОБ, СОПРОВОЖДАЮЩИЙСЯ ГИПОФУНКЦИЕЙ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ, ВОЗНИКАЕТ ПРИ

- 1) избытке йода в пище, воде
- 2) недостатке йода в пище, воде
- 3) избытке мышьяка в пище, воде
- 4) избытке марганца в пище, воде
- 5) избытке меди в пище, воде

46. К КАРИЕСУ ЗУБОВ В ОРГАНИЗМЕ ПРИВОДИТ

- 1) избыток хлора
- 2) недостаток хлора
- 3) избыток брома
- 4) недостаток фтора
- 5) недостаток брома

47. СОЛЯНАЯ КИСЛОТА ЖЕЛУДОЧНОГО СОКА НЕОБХОДИМА ДЛЯ

- 1) создания электрического мембранного потенциала
- 2) участия в поддержании осмотического равновесия
- 3) регуляции водносолевого обмена
- 4) усиления активности коры надпочечников
- 5) перехода фермента пепсина в активную форму

48. ЛЕКАРСТВЕННЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ИОДА ЯВЛЯЕТСЯ

- 1) KI
- 2) HgI₂
- 3) FeI₂
- 4) AgI
- 5) FeBr₃

49. КАЧЕСТВЕННОЙ РЕАКЦИИ НА ХЛОРИД-ИОН СООТВЕТСТВУЮТ УРАВНЕНИЯ

- 1) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NaCl} \rightarrow \text{PbCl}_2 \downarrow + 2\text{NaNO}_3$
- 2) $\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} \rightarrow \text{AgCl} \downarrow + \text{NaNO}_3$
 $\text{AgCl} + 2\text{NH}_3 \times \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2] \text{Cl} + 2\text{H}_2\text{O}$
- 3) $\text{FeS} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{S}$
- 4) $\text{K}_2\text{SO}_3 + \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{BaSO}_3 \downarrow + 2\text{KCl}$
- 5) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{SO}_2 + \text{S} \downarrow + \text{H}_2\text{O} + 2\text{NaCl}$

50. ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ИОНОВ СЕРЕБРА (I) С ИОДИД-ИОНАМИ ОБРАЗУЕТСЯ

- 1) зеленый раствор
- 2) коричневый осадок
- 3) желтый осадок, растворимый в растворе тиосульфата натрия
- 4) фиолетовый раствор
- 5) черный осадок

Биогенные элементы d-семейства

51. В КИРПИЧНО – КРАСНЫЙ ЦВЕТ ОКРАШЕН ОСАДОК

- 1) BaSO_3
- 2) BaSO_4
- 3) CaCO_3
- 4) $\text{Mg}(\text{NO}_3)_3$
- 5) Ag_2CrO_4

52. В ЖЕЛТЫЙ ЦВЕТ ОКРАШЕН ОСАДОК

- 1) BaSO_3
- 2) PbCrO_4
- 3) BaSO_4
- 4) CaCO_3
- 5) $\text{Mg}(\text{NO}_3)_3$

53. В МЕДИЦИНСКОЙ ПРАКТИКЕ В КАЧЕСТВЕ АНТИ-СЕПТИКА ИСПОЛЬЗУЕТСЯ СОЕДИНЕНИЕ МАРГАНЦА

- 1) KMnO_4
- 2) $\text{Mn}(\text{OH})_2$
- 3) MnO_2
- 4) MnO
- 5) $\text{Mn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$

54. ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ ОСТРЫХ ОТРАВЛЕНИЙ ПЕРМАНГАНАТОМ ИСПОЛЬЗУЮТ

- 1) 3%-й раствор HCl
- 2) 3%-й раствор H_2O_2 в уксуснокислой среде
- 3) 3%-й раствор NaOH
- 4) 3%-й раствор H_2SO_4
- 5) 3%-й раствор NaHCO_3

55. ГЕМОГЛОБИН СОДЕРЖИТ

- 1) бионеорганический комплекс железа (III)
- 2) бионеорганический комплекс марганца (II)
- 3) бионеорганический комплекс железа (VI)
- 4) бионеорганический комплекс железа (II)
- 5) бионеорганический комплекс кобальта (II)

56. ЖЕЛЕЗА ЗАКИСНОГО СУЛЬФАТ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ В МЕДИЦИНЕ

- 1) как седативное средство
- 2) как слабительное средство
- 3) как диуретическое средство
- 4) как антацидное средство
- 5) для лечения железодефицитной анемии

57. В МЕДИЦИНСКОЙ ПРАКТИКЕ ПРИМЕНЯЕТСЯ СОЕДИНЕНИЕ МЕДИ (II)

- 1) CuS
- 2) $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$
- 3) $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$
- 4) CuCl_2
- 5) CuO

58. СЕРЕБРА НИТРАТ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ В МЕДИЦИНЕ КАК СРЕДСТВО

- 1) вяжущее и противовоспалительное
- 2) седативное
- 3) диуретическое
- 4) сосудорасширяющее
- 5) слабительное

59. ЛЕКАРСТВЕННЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ ЦИНКА ЯВЛЯЮТСЯ ОБА ВЕЩЕСТВА

- 1) $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ и ZnS
- 2) $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ и ZnO

- 3) $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ и ZnO
- 4) ZnCl_2 и $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$
- 5) ZnCl_2 и ZnO

60. ТОКСИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ИОНОВ РТУТИ (II) ОБЪЯСНЯЕТСЯ

- 1) раздражением рецепторов слизистой оболочки желудка
- 2) образованием прочных соединений с азотсодержащими лигандами
- 3) образованием прочных комплексов с сульфгидрильными группами белков
- 4) взаимодействием с ионами оксония
- 5) хорошей растворимостью в липидах мембран бактерий

Биогенные элементы s-семейства

61. ПО СОДЕРЖАНИЮ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА НАТРИЙ И КАЛИЙ ЯВЛЯЮТСЯ

- 1) микроэлементами
- 2) примесными элементами
- 3) вообще не содержатся в организме
- 4) макроэлементами
- 5) содержание этих элементов в организме не изучено

62. ПО СОДЕРЖАНИЮ В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА МАГНИЙ И КАЛЬЦИЙ ЯВЛЯЮТСЯ

- 1) микроэлементами
- 2) примесными элементами
- 3) вообще не содержатся в организме
- 4) содержание этих элементов в организме не изучено
- 5) макроэлементами

63. МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ ЯВЛЯЮТСЯ ВСЕ S-ЭЛЕМЕНТЫ ПЕРВОЙ ГРУППЫ В РЯДУ

- 1) Rb, Cs, Li
- 2) K, Li, Rb

- 3) K, Cs, Fr
- 4) Li, Na, Cs
- 5) Na, K, Rb

64. КОНЦЕНТРАЦИЯ ИОНОВ НАТРИЯ БОЛЬШЕ

- 1) внутри клетки
- 2) в спинномозговой жидкости
- 3) во внеклеточной жидкости
- 4) в костной ткани
- 5) в дентине зубов

65. КОНЦЕНТРАЦИЯ ИОНОВ КАЛИЯ БОЛЬШЕ

- 1) внутри клетки
- 2) во внеклеточной жидкости
- 3) в костной ткани
- 4) в спинномозговой жидкости
- 5) в дентине зубов

66. АНТИДОТОМ ПРИ ОТРАВЛЕНИИ СОЛЯМИ БАРИЯ ЯВЛЯЕТСЯ:

- 1) хлорид магния
- 2) нитрат магния
- 3) бромид магния
- 4) сульфат магния
- 5) ацетат магния

67. ИЗОТОНИЧЕСКИМ (ФИЗИОЛОГИЧЕСКИМ) НАЗЫВАЮТ РАСТВОР С МАССОВОЙ ДОЛЕЙ ХЛОРИДА НАТРИЯ

- 1) 20%
- 2) 0,9%
- 3) 10%
- 4) 3%
- 5) 5%

68. ГИПЕРТОНИЧЕСКИМ ЯВЛЯЕТСЯ РАСТВОР С МАССОВОЙ ДОЛЕЙ ХЛОРИДА НАТРИЯ

- 1) 0,9%
- 2) 0,5%
- 3) 1,0%
- 4) 3-5-10%
- 5) 0,1%

69. В ХИРУРГИИ И СТОМАТОЛОГИИ ПРИМЕНЯЮТ СОЕДИНЕНИЕ КАЛЬЦИЯ

- 1) $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$
- 2) CaO
- 3) $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- 4) $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$
- 5) CaS

70. ДЛЯ РЕНТГЕНОДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОГО ТРАКТА ПРИМЕНЯЮТ СОЕДИНЕНИЕ БАРИЯ

- 1) $\text{Ba}(\text{OH})_2$
- 2) BaCl_2
- 3) BaSO_3
- 4) BaS
- 5) BaSO_4

**ОТВЕТЫ К ТЕСТОВЫМ ЗАДАНИЯМ
ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ**

1-3	19-1	37-3	55-4
2-1	20-4	38-3	56-5
3-5	21-5	39-1	57-3
4-3	22-1	40-4	58-1
5-3	23-3	41-1	59-2
6-1	24-1	42-4	60-3
7-4	25-4	43-1	61-4
8-2	26-5	44-3	62-5
9-5	27-1	45-2	63-1
10-1	28-3	46-4	64-3
11-4	29-2	47-5	65-1
12-5	30-4	48-1	66-4
13-1	31-2	49-2	67-2
14-2	32-1	50-3	68-4
15-1	33-3	51-5	69-1
16-3	34-1	52-2	70-5
17-2	35-4	53-1	
18-5	36-2	54-2	

15. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Химия биогенных элементов»

а) Основная литература:

1. Неорганическая химия (биогенные и абиогенные элементы): уч. пособие / ред. В. В. Егоров. – СПб.: Лань, 2009. – 320 с.
2. Ершов Ю. А., Попков В. А., Берлянд А. С., Книжник А. З. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: Учебник для студентов медицинских специальностей высших учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2007.
3. Чистяков Ю. В. Основы бионеорганической химии: Учебное пособие. – М.: Химия, КолосС, 2007. – 539 с.

б) Дополнительная литература:

1. Румянцев Е. В. Химические основы жизни: учеб. пособие для вузов / Е. В. Румянцев, Е. В. Антипа, Ю. В. Чистяков. – М.: Химия: КолосС, 2007. – 559 с.
2. Алексеенко В. А. Экологическая геохимия: Учебник. – М.: Логос, 2000. – 627 с.
3. Башкин В. Н., Касимов Н. С. Биогеохимия. – М.: Научный мир, 2004. – 648 с.
4. Слесарев, В. И. Химия. Основы химии живого / В. И. Слесарев. – СПб.: Химиздат, 2001. – 784 с.
5. Неорганическая химия элементов: в 2-х томах: учебник для вузов / Ю. Д. Третьяков, Л. И. Мартыненко, А. И. Григорьев и др. – Москва: МГУ: ИКЦ «Академкнига», 2007 – Т.1-2-е изд., перераб. и доп. – 2007. – 537 с.
6. Барковский Е. В., Ткачев С. В. Основы химии биогенных элементов: учебное пособие. – Минск: Выш. Шк., 2011. – 192 с.
7. Вернадский В. И. Биосфера и ноосфера. – М.: Рольф, 2002, – 576 с.
8. Введение в химию биогенных элементов и химический анализ: Учеб. пособие / Е. В. Барковский, С. В. Ткачев, Г. Э. Атрахимович и др.; Под общ. ред. Е. В. Барковского. – Мн.: Высшая школа, 1997. – 176 с.

9. Скальный А. В., Рудаков И. А. Биоэлементы в медицине. – М.: ОНИКС 21 век, Мир, 2004. – 272 с.

10. Компанцев, В. А. Химия элементов/В. А. Компанцев, Л. П. Гокжаева, С. Н. Щербак. – Пятигорск: Пятигорская ГФА, 2007. – 207 с.

11. Биогенные и токсичные элементы: учебное пособие/В. А. Компанцев [и др.]; под ред. В. А. Компанцева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Пятигорск: ПМФИ – филиал ВолгГМУ, 2014. – 104 с.

в) Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы – Интернет ресурсы, отвечающие тематике дисциплины:

1. <http://chemistry-chemists.com/Uchebniki/Chemistry-books-Laboratory.html>.

2. <http://www.chemistry-chemists.com/Uchebniki.html> – учебники, практикумы и справочники по химии.

3. <http://chemport.ru/> – различные учебно-методические материалы по химии.

4. <http://ximicat.com/> – образовательный сайт.

5. <http://www.nehudlit.ru/books/subcat281.html> – учебники, практикумы и справочники по химии.

6. <http://www.Himhelp.ru>.

7. Российская государственная библиотека: <http://www.rsl.ru>

8. Научная электронная библиотека: <http://txt.elibrary.ru>

9. Научная библиотека МГУ им.М. В. Ломоносова: <http://www.lib.msu.ru>

10. Электронные химические библиотеки: www.chemlib.ru, www.chemist.ru, www.chemnet.ru

11. Сайт дистанционного обучения СОГУ <http://dist-edu.nosu.ru/>

12. <http://files.rushim.ru/books/komplexs/v...j1966.djvu>

13. <http://rushim.ru/books/komplexs/koordin...istry.djvu>

14. http://eknigi.org/nauka_i_ucheba/87355-ximiya-koordinacionnyx-soedinenij.html

15. <http://elementy.ru/biology>

Учебное издание

Кубалова Людмила Муратовна

ХИМИЯ БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Учебное пособие

Издано в авторской редакции
Технический редактор *Е.Н. Маслов*
Дизайн обложки *Е.Н. Макарова*
Компьютерная верстка *С.А. Булацева*

Подписано в печать 25.03.2017.
Бум. офс. Формат 60×84 $\frac{1}{16}$. Печать цифровая.
Гарнитура шрифта “Times”. Усл.п.л. 10,0.
Тираж 300 экз. Заказ №29.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова»
362025, г. Владикавказ, ул. Ватутина, 46

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре ИП Цопановой А.Ю.
362002, РСО-А, г. Владикавказ, пер. Павловский, 3
e-mail: rio-soigsi@mail.ru