



Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»



**Кафедра биологии растений и химии**

# **ХИМИЯ**

**Теоретический раздел  
Лекция**

**Химия s- и p-элементов**



## Биологическая роль важнейших биогенных s-элементов

Калий и натрий – одни из основных биогенных макроэлементов. Их содержание в организме человека составляет, соответственно, 140 и 100 г в расчете на массу тела в 70 кг. Калий содержится большей частью в клетках (до 40 раз больше, чем в межклеточном пространстве), а натрий находится преимущественно во внеклеточной жидкости (44 % от общего содержания данного элемента).

Калий и натрий между собой функционально связаны и выполняют следующие функции:

- возникновение мембранного потенциала и мышечных сокращений;
- поддержание осмотической концентрации крови;
- поддержание кислотно-щелочного баланса;
- нормализация водного баланса.

Калий нормализует работу сердца, влияет на работу нервных и мышечных клеток, действует как иммуномодулятор. Натрий генерирует нервные сигналы и обеспечивает мышечные сокращения. Он препятствует возникновению солнечных и тепловых ударов, обладает эффективным сосудорасширяющим действием. По содержанию в организме человека литий, рубидий и цезий относят к микроэлементам. Биологическая роль цезия в организме до конца не известна, но ее изучение приобрело особую актуальность после аварии на ЧАЭС. Установлено стимулирующее влияние этого элемента на функции кровообращения и изучена эффективность применения его солей при гипотонии различного происхождения. Цезий-137 является одним из главных факторов радиоактивного загрязнения биосферы. В настоящее время это основной дозообразующий радионуклид на территориях, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС. От его содержания и поведения во внешней среде зависит пригодность загрязненных территорий для полноценной жизни.

Водород – самый распространенный элемент в нашей вселенной, его доля составляет около 75 % по массе и 92 % по числу атомов. В отличие от кислорода, существующего как в природе, так и в организме в свободном виде, водород почти полностью находится в виде его соединений (основное соединение водорода – вода). Содержание водорода в организме человека составляет 10 % по массе, а по числу атомов 50 % (каждый второй атом в организме – водород). Водород как отдельный элемент не обладает биологической ценностью.

Вода важнейшее соединение водорода в живом организме. Основные функции воды следующие:

Вода, обладающая высокой удельной теплоемкостью, обеспечивает поддержание постоянства температуры тела. При перегреве тела происходит испарение воды с его поверхности. Из-за высокой теплоты парообразования этот процесс сопровождается большими затратами энергии, в результате чего температура тела понижается. Так поддерживается тепловой баланс организма.



Вода поддерживает кислотно-основное равновесие организма. Большинство тканей и органов в основном состоят из воды. Соблюдение общего кислотно-основного баланса в организме не исключает больших различий в значениях pH для разных органов и тканей. Важным соединением водорода является пероксид водорода  $H_2O_2$  (традиционное название перекись водорода).  $H_2O_2$  окисляет липидный слой мембран клеток, разрушая его.

Кальций относится к химическим элементам, необходимым для организма человека и животных, находится как в связанном, так и ионизированном виде. Он является основным структурным компонентом костей, хрящей и зубов (97–99 % от общего содержания кальция в организме). Кальций принимает участие в процессе возбуждения нервной и мышечной ткани, в функционировании системы свертываемости крови, в клеточной регуляции проницаемости мембран. Он поддерживает нервно-мышечный тонус, сохранение сексуальной функции, а также устойчивость организма к внешним неблагоприятным факторам вредного воздействия.

#### **Основные проявления дефицита кальция.**

Последствия дефицита кальция могут проявляться как на уровне всего организма, так и его отдельных систем:

- общая слабость, повышенная утомляемость;
- боли, судороги в мышцах;
- боли в костях, нарушения походки;
- нарушения процессов роста;
- гипокальциемия, гипокальциноз;
- декальцинация скелета, деформирующий остеоартроз, остеопороз, деформация позвонков, переломы костей;
- мочекаменная болезнь;
- болезнь Кашина-Бека ;
- нарушения иммунитета;
- снижение свертываемости крови, кровоточивость.

#### **Повышенное содержание кальция в организме.**

Токсическое действие кальция проявляется только при длительном приеме и обычно у лиц с нарушенным обменом этого биоэлемента (напр., при гиперпаратиреозе). Отравление может наступить при регулярном потреблении более 2,5 г кальция в сутки.

#### **Основные проявления избытка кальция:**

- подавление возбудимости скелетных мышц и нервных волокон;
- уменьшение тонуса гладких мышц;
- гиперкальциемия, повышение содержания кальция в плазме крови;
- повышение кислотности желудочного сока, гиперацидный гастрит, язвы желудка;
- кальциноз, отложение кальция в органах и тканях (в коже и подкожной клетчатке);



ке; соединительной ткани по ходу фасций, сухожилий, апоневрозов; мышцах; стенках кровеносных сосудов; нервах);

брадикардия, стенокардия;

подагра, обызвествление туберкулезных очагов и т.д.;

увеличение содержания солей кальция в моче;

нефрокальциноз, почечно-каменная болезнь;

увеличение свертываемости крови;

увеличение риска развития дисфункции щитовидной и околощитовидных желез, аутоиммунного тиреоидита;

вытеснение из организма фосфора, магния, цинка, железа.

Самым легкоусвояемым является кальций молока и молочных продуктов (за исключением сливочного масла) в сочетании с овощами и фруктами. Для удовлетворения суточной потребности достаточно 0,5 л молока или 100 г сыра. Кстати, молоко не только является прекрасным источником кальция, но и способствует усвоению кальция, содержащегося в других продуктах.

Очень важным для усвоения кальция является присутствие в рационе витамина D, который нейтрализует действие различных антикальцирующих веществ и является регулятором фосфорно-кальциевого обмена.

Высоким содержанием кальция отличаются: свежее и сквашенное молоко, творог, сыры, фасоль, соя, хрен, зелень петрушки, репчатый лук, толокно, урюк и курага, яблоки, сушеные персики, груши, сладкий миндаль, яичный желток.

Магний необходим для минерализации костей, синтеза белков; он участвует в мышечных сокращениях и передаче нервных импульсов.

Бериллий, стронций и барий относятся к микроэлементам. Стронций является остеотропом, то есть элементом, который накапливается избирательно в определенных тканях человека. Для него этим органом (тканью) является скелет. Принято считать, что стронций вреден для организма, однако вредное воздействие могут оказать лишь его радиоактивные изотопы, тогда как природный стронций малотоксичен. Его применяют для лечения остеопороза, поскольку этот элемент способен укреплять костную ткань, снижая скорость ее разрушения. При дефиците кальция и наличии радиоактивного стронция, организм накапливает в костях Sr-90, что актуально для белорусского Полесья. Радионуклид Sr-90 очень медленно выводится из организма, облучая костный мозг и вызывая соответствующие заболевания (лучевая болезнь и образование опухолей).

### **Биологическая роль важнейших биогенных *p*-элементов**

*P*-Элементы расположены в III A–VIII A группах. К ним относятся как металлы, так и неметаллы. Металлические свойства элементов ослабевают в периодах слева направо и усиливаются в группах сверху вниз. Неметаллические свойства элемен-



тов усиливаются в периодах и ослабевают в группах. Наиболее активными неметаллами являются галогены и халькогены. Оксиды и гидроксиды р-элементов носят преимущественно кислотный характер. Исключения составляют соединения висмута ( $\text{Bi}_2\text{O}_3$  и  $\text{Bi}(\text{OH})_3$ ), имеющие основной характер, а также амфотерные соединения ряда металлов р-блока ( $\text{SnO}$  и  $\text{Sn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{PbO}$  и  $\text{Pb}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ). Высокой физиологической активностью обладают несолообразующие оксиды, такие как  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{CO}$ . Подобно d-элементам, р-элементы характеризуются многообразием степеней окисления атомов в их соединениях. С увеличением степени окисления атомов возрастает кислотность оксидов и гидроксидов элементов р-блока, а также окислительная способность их соединений. Важнейшими биогенными элементами р-блока являются неметаллы-органогены: углерод, кислород, азот, фосфор и сера. Они, а также хлор, содержатся в организме человека в макроколичествах. Биологическая роль важнейших биогенных р-элементов.

Содержание кислорода составляет до 65 % массы тела человека, то есть более 40 кг у взрослого. Кислород – наиболее распространенный окислитель на Земле. В окружающей среде он представлен в двух формах: в виде соединений, входящих в состав земной коры, воды, оксидов, пероксидов, гидроксидов и солей, и в свободном виде, где кислород является важнейшим компонентом атмосферного воздуха (21 % по объему). Основной и фактически единственной функцией кислорода является его участие как окислителя в окислительно-восстановительных реакциях в организме. Кислород *in vivo* окисляет такие важнейшие компоненты пищи, как углеводы, жиры и белки, что сопровождается выделением энергии, необходимой для жизнедеятельности всех живых существ. В покое организм взрослого человека потребляет 1,8–2,4 г кислорода в минуту. Последствиями дефицита кислорода являются быстрая физическая и умственная утомляемость, нарушения центральной нервной системы, тахикардия и одышка в покое или при незначительной физической нагрузке, потеря сознания.

Главной функцией молекулярного кислорода в организме является окисление различных соединений. Вместе с водородом кислород образует воду, содержание которой в организме взрослого человека в среднем составляет около 55-65%.

Кислород входит в состав белков, нуклеиновых кислот и других жизненно-необходимых компонентов организма. Кислород необходим для дыхания, окисления жиров, белков, углеводов, аминокислот, а также для многих других биохимических процессов.

Обычный путь поступления кислорода в организм лежит через легкие, где этот биоэлемент проникает в кровь, поглощается гемоглобином и образует легко диссоциирующее соединение - оксигемоглобин, а затем из крови поступает во все органы и ткани. Кислород поступает в организм также и в связанном состоянии, в виде воды. В тканях кислород расходуется преимущественно на окисление различных веществ в процессе метаболизма. В дальнейшем почти весь кислород метаболизиру-



ется до диоксида углерода и воды, и выводится из организма через легкие и почки.

### **Пониженное содержание кислорода в организме.**

При недостаточном снабжении тканей организма кислородом или нарушении его утилизации развиваются явления гипоксии (кислородного голодания).

#### **Основные причины дефицита кислорода:**

прекращение или снижение поступления кислорода в легкие, пониженное парциальное давление кислорода во вдыхаемом воздухе;

значительное уменьшение количества эритроцитов или резкое понижение содержания в них гемоглобина;

нарушение способности гемоглобина связывать, транспортировать или отдавать тканям кислород;

нарушение способности тканей утилизировать кислород;

угнетение окислительно-восстановительных процессов в тканях;

застойные явления в сосудистом русле вследствие расстройств сердечной деятельности, кровообращения и дыхания;

эндокринопатии, авитаминозы;

#### **Основные проявления дефицита кислорода:**

в острых случаях (при полном прекращении поступления кислорода, острых отравлениях): потеря сознания, расстройство функций высших отделов ЦНС;

в хронических случаях: повышенная утомляемость, функциональные нарушения деятельности ЦНС, сердцебиение и одышка при незначительной физической нагрузке, снижение реактивности иммунной системы.

Токсическая доза для человека: токсичен в виде  $O_3$ .

#### **Повышенное содержание кислорода в организме.**

Длительное повышение содержания кислорода в тканях организма (гипероксия) может сопровождаться кислородным отравлением; обычно гипероксии сопутствует повышение содержания кислорода в крови (гипероксемия).

Токсическое действие озона и избытка кислорода связывают с образованием в тканях большого числа радикалов, возникающих в результате разрыва химических связей. В небольшом количестве радикалы образуются и в норме, как промежуточный продукт клеточного метаболизма. При избытке радикалов инициируется процесс окисления органических веществ, в том числе перекисное окисление липидов, с их последующим распадом и образованием кислородосодержащих продуктов (кетоны, спирты, кислоты).

Кислород входит в состав молекул множества веществ - от самых простых до сложных полимеров; наличие в организме и взаимодействие этих веществ обеспечивает существование жизни. Являясь составной частью молекулы воды, кислород участвует практически во всех биохимических процессах протекающих в организме.

Кислород незаменим, при его недостатке эффективным средством может быть



только восстановление нормального снабжения организма кислородом. Даже кратковременное (несколько минут) прекращение поступления кислорода в организм может вызвать тяжелые нарушения его функций и последующую смерть.

Сера составляет 0,25 % массы тела человека и является составной частью клеток нервной, костной и хрящевой ткани, а также волос, кожи и ногтей. Она участвует в обменных процессах и способствует их нормализации, входит в состав ряда аминокислот, витаминов, ферментов и гормонов (в том числе инсулина), играет важную роль в поддержании кислородного баланса, улучшает работу нервной системы, стабилизирует уровень сахара в крови, повышает иммунитет, оказывает противоаллергическое воздействие, обладают радиопротекторным эффектом.

Сера в организме человека - неперемнная составная часть клеток, тканей органов, ферментов, гормонов, в частности, инсулина важнейшего фермента поджелудочной железы и серосодержащих аминокислот; обеспечивает пространственную организацию молекул белков, необходимую для их функционирования, защищает клетки, ткани и пути биохимического синтеза от окисления, а весь организм - от токсического действия чужеродных веществ. Довольно много ее в нервной, соединительной, костной тканях. Сера является компонентом структурного белка коллагена. Пополнение организма серой обеспечивается правильно организованным питанием, в которое включают мясо, куриное яйцо, овсяную и гречневую крупы, мучные изделия, молоко, сыры, бобовые овощи и капусту.

Содержание серы в теле взрослого человека - около 0,16% (110 г на 70 кг массы тела). Суточная потребность здорового организма в сере составляет 4-5 г. Несмотря на значительное число проведенных исследований, роль серы в обеспечении жизнедеятельности организма выяснена не в полной мере. Так, пока отсутствуют четкие клинические описания каких-либо специфических расстройств, связанных с недостаточным поступлением серы в организм. В то же время известны ацидоаминопатии - расстройства, связанные с нарушением обмена серосодержащих аминокислот (гомоцистинурия, цистатионурия). Имеется также обширная литература, относящаяся к клинике острых и хронических интоксикаций соединениями серы.

#### **Основные проявления дефицита серы:**

симптомы заболеваний печени;

симптомы заболеваний суставов;

симптомы заболеваний кожи;

разнообразные и многочисленные проявления дефицита в организме и нарушения метаболизма биологически активных серосодержащих соединений.

#### **Повышенное содержание серы в организме.**

При высоких концентрациях сероводорода во вдыхаемом воздухе, клиническая картина интоксикации развивается очень быстро, в течение нескольких минут возникают судороги, потеря сознания, остановка дыхания. В дальнейшем последствия перенесенного отравления могут проявляться стойкими головными болями, нару-



шениями психики, параличами, расстройствами функций системы дыхания и желудочно-кишечного тракта.

Установлено, что парентеральное введение мелко измельченной серы в масляном растворе в количестве 1-2 мл сопровождается гипертермией с гиперлейкоцитозом и гипогликемией. Полагают, что при парентеральном введении токсичность ионов серы в 200 раз выше, чем ионов хлора. Токсичность соединений серы, попавших в желудочно-кишечный тракт, связана с их превращением кишечной микрофлорой в сульфид водорода, весьма токсичным соединением. В случаях смертельных исходов после отравления серой при вскрытии, отмечают признаки эмфиземы легких, воспаления мозга, острого катарального энтерита, некроза печени, кровоизлияния (петехии) в миокард.

При хронических интоксикациях (сероуглерод, сернистый газ), наблюдаются нарушения психики, органические и функциональные изменения нервной системы, слабость мышц, ухудшение зрения и разнообразные расстройства деятельности других систем организма.

В последние десятилетия одним из источников избыточного поступления серы в организм человека стали серосодержащие соединения (сульфиты), которые добавляются во многие пищевые продукты, алкогольные и безалкогольные напитки в качестве консервантов. Особенно много сульфитов в копченостях, картофеле, свежих овощах, пиве, сидре, готовых салатах, уксусе, красителях вина. Возможно, увеличивающееся потребление сульфитов отчасти повинно в росте заболеваемости бронхиальной астмой. Известно, напр., что 10% больных бронхиальной астмой проявляют повышенную чувствительность к сульфитам (т.е., являются сенсibilизированными к сульфиту). Для снижения отрицательного действия сульфитов на организм рекомендуется увеличивать содержание в рационе сыров, яиц, жирного мяса, птицы.

#### **Основные проявления избытка серы:**

- кожный зуд, сыпи, фурункулез;
- покраснение и опухание конъюнктивы;
- появление мелких точечных дефектов на роговице;
- ломота в бровях и глазных яблоках, ощущением песка в глазах;
- светобоязнь, слезотечение;
- общая слабость, головные боли, головокружение, тошнота;
- катар верхних дыхательных путей, бронхит;
- ослабление слуха;
- расстройства пищеварения, поносы, снижение массы тела;
- малокровие;
- судороги и потеря сознания (при острой интоксикации);
- психические нарушения, понижение интеллекта.

Роль серы в организме человека чрезвычайно важна, а нарушения серного обмен-



на сопровождаются многочисленными патологиями. Между тем, клиника этих нарушений недостаточно разработана. Точнее сказать, различные "неспецифические" проявления расстройства здоровья человека пока не ассоциируются у клиницистов с нарушениями обмена серы.

Фосфор относится к структурным (тканеобразующим) макроэлементам; его содержание в организме взрослого человека составляет около 700 г. Большая часть фосфора (85–90 %) находится в костях и зубах, остальное – в мягких тканях и жидкостях. Около 70 % общего фосфора в плазме крови входит в состав фосфолипидов, 30 % представлено неорганическими соединениями. Остатки фосфорной кислоты содержатся в нуклеиновых кислотах и нуклеотидах, а также входят в состав аденозинтрифосфорной кислоты и креатинфосфата – важнейших аккумуляторов и переносчиков энергии. Фосфаты являются компонентами буферных систем организма, поддерживая его кислотно-щелочной статус.

Углерод составляет 18 % от общей массы тела, то есть более 12 кг для взрослого человека. Атомы углерода являются структурной основой всех органических соединений, образуя бесконечное множество различных веществ. Как и другие элементы-органогены, углерод в виде отдельного элемента не имеет биологического значения, но его соединения играют важнейшую биологическую роль во всех живых организмах.

Углерод – важнейший биогенный элемент, составляющий основу жизни на Земле, структурная единица огромного числа органических соединений, участвующих в построении организмов и обеспечении их жизнедеятельности (биополимеры, а также многочисленные низкомолекулярные биологически активные вещества - витамины, гормоны, медиаторы и др.). Значительная часть необходимой организмом энергии образуется в клетках за счёт окисления углерода. Возникновение жизни на Земле рассматривается в современной науке как сложный процесс эволюции углеводистых соединений.

В организм человека углерод поступает с пищей (в норме около 300 г в сутки). Общее содержание углерода достигает около 21% (15 кг на 70 кг общей массы тела). Углерод составляет 2/3 массы мышц и 1/3 массы костной ткани. Выводится из организма преимущественно с выдыхаемым воздухом (углекислый газ) и мочой (мочевина).

Главной функцией углерода является формирование разнообразия органических соединений, тем самым, обеспечивая биологическое разнообразие, участие во всех функциях и проявлениях живого. В биомолекулах углерод образует, полимерные цепи и прочно соединяется с водородом, кислородом, азотом и другими элементами. Столь существенная физиологическая роль углерода определяется тем, что этот элемент входит в состав всех органических соединений и принимает участие практически во всех биохимических процессах в организме. Окисление соединений углерода под действием кислорода приводит к образованию воды и углекислого газа;



этот процесс служит для организма источником энергии. Двуокись углерода  $\text{CO}_2$  (углекислый газ) образуется в процессе обмена веществ, является стимулятором дыхательного центра, играет важную роль в регуляции дыхания и кровообращения.

В свободном виде углерод не токсичен, но многие его соединения обладают значительной токсичностью. К таким соединениям следует отнести окись углерода  $\text{CO}$  (угарный газ), четыреххлористый углерод  $\text{CCl}_4$ , сероуглерод  $\text{CS}_2$ , соли цианистой кислоты  $\text{HCN}$ , бензол  $\text{C}_6\text{H}_6$  и другие. Углекислый газ в концентрации свыше 10% вызывает ацидоз (снижение pH крови), одышку и паралич дыхательного центра. Длительное вдыхание каменноугольной пыли может привести к антракозу, заболеванию, сопровождающемуся отложением угольной пыли в ткани легких и лимфатических узлах, склеротическими изменениями легочной ткани. Токсическое действие углеводородов и других соединений нефти у рабочих нефтедобывающей промышленности может проявиться в огрубении кожи, появлении трещин и язв, развитии хронических дерматитов. Для человека углерод может быть токсичен в форме окиси углерода ( $\text{CO}$ ) или цианидов ( $\text{CN}^-$ ).

Массовая доля азота в организме человека составляет около 2,5 %. Он является составной частью аминокислот, пептидов, белков, нуклеотидов, гемоглобина, а также некоторых гормонов и медиаторов. Молекулярный азот, объемная доля которого в атмосфере составляет около 78 %, не играет заметной биологической роли. Несмотря на доступность азота для живых существ, человеческий организм не способен усваивать азот в молекулярной форме. Биологическая роль азота обусловлена действием его многочисленных соединений. В организм человека данный элемент в основном поступает в составе белков, пептидов и аминокислот (растительных и животных), а также в составе других азотсодержащих соединений.



## ЛИТЕРАТУРА

### *Основная*

1. Ахметов, Н. С. Общая и неорганическая химия: учебник для вузов / Н. С. Ахметов. – М.: Высш. шк., 2006. – 743 с.
2. Барковский, Е. В. Аналитическая химия: учеб. пособие / Е. В. Барковский. – Минск: Высш. шк., 2004. – 351 с.
3. Введение в химию биогенных элементов и химический анализ: учеб. пособие / Е. В. Барковский [и др.]. – М.: Высш. шк., 1997. – 126 с.
4. Биохимия. Краткий курс с упражнениями и задачами / под ред. Е. С. Северина, А. Я. Николаева. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2001. – 448 с.
5. Биохимия животных: учебник для студ. зооинженер. и ветеринар. ф-тов с.-х. вузов / А. В. Четчин; под ред. А. В. Четчина. – М.: Высш. шк., 1982. – 511 с.
6. Грандберг, И. И. Органическая химия: учебник для студентов вузов, обучающихся по агрономическим специальностям / И. И. Грандберг. – 6-е изд., стер. – М.: Дрофа, 2004. – 672 с.
7. Жеребцов, Н. А. Биохимия: учебник / Н. А. Жеребцов, Т. Н. Попова, В. Г. Артюхов. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2002. – 696 с.
8. Князев, Д. А. Неорганическая химия / Д. А. Князев, С. Н. Смарицын. – М.: Высш. шк., 1990. – 425 с.
9. Кононский, А. И. Биохимия животных: учебник для вузов / А. И. Кононский. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1980. – 432 с.
10. Практикум по общей и биоорганической химии: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. В. А. Попкова. – 3-е изд. – М.: Издат. центр «Академия», 2008. – 240 с.
11. Тюкавкина, Н. А. Биоорганическая химия: учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю. И. Бауков. – М.: Дрофа, 2005. – 542 с.
12. Химия. Лабораторный практикум: учеб. пособие / А. Р. Цыганов [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – 320 с.
13. Химия. Общая химия с основами аналитической: учеб.-метод. пособие / А. Р. Цыганов [и др.]. – Горки: БГСХА, 2012. – 204 с.
14. Хомченко, Г. П. Неорганическая химия / Г. П. Хомченко, И. К. Цитович. – М.: Высш. шк., 1990. – 574 с.
15. Цыганов, А. Р. Биохимия. Практикум: учеб. пособие / А. Р. Цыганов, И. В. Сучкова, И. В. Ковалева. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 150 с.
16. Цыганов, А. Р. Сборник задач и упражнений по химии: учеб. пособие / А. Р. Цыганов, О. В. Поддубная. – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. – 234 с.

### *Дополнительная*

1. Алешин, В. А. Практикум по неорганической химии / В. А. Алешин. – М.: Издат. центр «Академия», 2004. – 384 с.
2. Березов, Т. Т. Биологическая химия: учебник / Т. Т. Березов, Б. Ф. Коровкин. – М.: Медицина, 1998. – 704 с.
3. Белясова, Н. А. Биохимия и молекулярная биология: учеб. пособие / Н. А. Белясова. – Минск: Книжный дом, 2004. – 416 с.
4. Введение в лабораторный практикум по неорганической химии: учеб. пособие / В. В. Свиридов [и др.]. – Минск: Высш. шк., 2003. – 96 с.
5. Зайцев, С. Ю. Биохимия животных / С. Ю. Зайцев. – СПб.: Изд-во «Лань», 2004. – 382 с.
6. Кудряшов, Л. С. Физико-химические и биохимические основы производства мяса и мясных продуктов / Л. С. Кудряшов. – М.: ДеЛи принт, 2008. – 160 с.
7. Ленский, А. С. Введение в биоорганическую и биофизическую химию / А. С. Ленский. – М.: Высш. шк., 1989.
8. Метревели, Т. В. Биохимия животных / Т. В. Метревели. – СПб.: Изд-во «Лань», 2004. – 295 с.
9. Микробиологический анализ мяса, птицы и яйцепродуктов / под ред. Дж. К. Мида; пер. с англ. И. С. Горожанкиной. – М.: Профессия, 2009. – 384 с.



10. Николаев, А. Я. Биологическая химия: учебник / А. Я. Николаев. – М.: Мед. информ. агентство, 2004. – 566 с.

11. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: учебник для вузов / Ю. А. Ершов [и др.]. – 6-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2007. – 560 с.

12. Слесарев, В. И. Химия: основы химии живого: учебник для вузов / В. И. Слесарев. – СПб.: Химиздат, 2001. – 784 с.

13. Угай, Я. А. Общая и неорганическая химия: учебник для вузов / Я. А. Угай. – 4-е изд. – М.: Высш. шк., 2004. – 440 с.

14. Хазипов, Н. З. Биохимия животных: учебник / Н. З. Хазипов, А. Н. Аскарова. – Казань: КГАВМ, 2003. – 312 с.

#### *Справочники*

1. Кольман, Я. Наглядная биохимия/Я.Кольман, К.-Г. Рем; пер. с нем. – М.:Мир, 2000. – 469 с.

2. Лидин, Р. А. Химические свойства неорганических веществ / под ред. Р. А. Лидина. – 5-е изд., стер. – М.: КолосС, 2008. – 480 с.



Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени  
сельскохозяйственная академия»



Составители  
**Поддубная** Ольга Владимировна  
**Ковалева** Ирина Владимировна