

3. ЗАДАНИЯ И УКАЗАНИЯ ПО ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

Выяснение обменных процессов в организме животных, птиц и рыб позволит выработать приемы регулирования, интенсивного выращивания, использования биологического объекта. Это связано с тем, что продуктивные и племенные качества обуславливаются уровнем биохимических процессов в организме. В связи с этим возрастает значимость изучения органической и биологической химии, так как индивидуальные характеристики животных, птиц и рыб по взаимосвязи хозяйственных показателей с уровнем в организме (например, в крови) тех или иных органических соединений могут быть использованы как тесты для прогнозирования их продуктивности. Это, в свою очередь, позволит вести эффективную и целенаправленную селекционную работу.

Приступая к изучению дисциплины, целесообразно вначале ознакомиться с программой, а затем с материалом, изложенным в учебнике. Для основательного освоения материала рекомендуется конспектировать отдельные положения, формулировки, выводы и тренироваться в написании строения формул органических веществ и уравнений реакций.

Органическая химия является фундаментом для последующего освоения материала по биохимии. Поэтому, чтобы приобрести знания по биологической химии, студенту, прежде всего, необходимо хорошо знать теоретические основы органической химии, строение и свойства органических соединений.

Знание строения и химических свойств органических веществ, механизмов основных реакций (гидролиза, гидратации, гидрирования, дегидрирования, этерификации и т. д.) позволяет более полно понять и осмыслить биологическое значение этих реакций и превращение веществ в метаболизме.

Изучаемые по биохимии темы имеют профессиональную направленность, что помогает сформировать у студентов биологическое мышление и позволяет получить базовые знания для освоения дисциплин профессионального цикла: кормления, разведения сельскохозяйственных животных, ветеринарии, зооигиены. Биологическую химию условно делят на три части – статическую, динамическую, функциональную. Согласно программе статическая биохимия изучает строение, физико-химические свойства и поведение в живом организме витаминов, ферментов и гормонов. Динамическая химия рассматривает

вопросы обмена веществ между окружающим миром и живым организмом, превращения этих веществ внутри организма. Особое внимание уделяется изучению основных путей превращения белков, жиров и углеводов, образованию ключевых метаболитов и взаимосвязи обменных отдельных веществ, процессам окисления веществ, связанных с запасанием энергии в связях макроэргических соединений. Функциональная биохимия рассматривает аспекты метаболизма, связанные с физиологическими функциями организма.

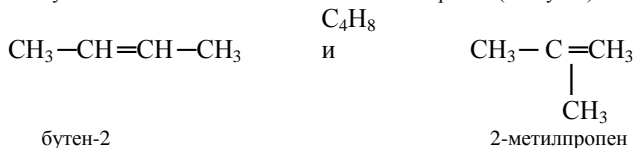
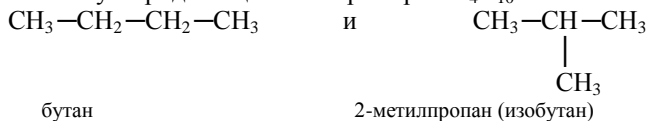
Методика выполнения заданий

Задание 1. Рассмотрите виды изомерии органических соединений на конкретных соединениях. Назовите соединения по международной номенклатуре.

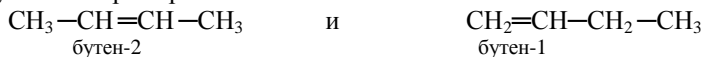
Ответ. Явление, при котором вещества (изомеры) имеют одинаковый химический состав, но разное строение молекул, называется изомерией. Все изомеры можно подразделить на две группы: структурные и пространственные.

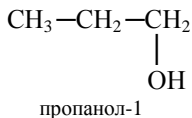
Структурная изомерия. Изомеры, молекулы которых отличаются порядком и кратностью соединения атомов, называются *структурными*. Структурные изомеры могут переходить друг в друга только при расщеплении и образовании новой связи между атомами в молекуле. Рассмотрим важнейшие виды структурной изомерии.

Изомерия углеродного скелета (цепи). Молекулы различаются строением углеродной цепи. Например: C_4H_{10}

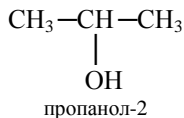


Позиционная изомерия. Молекулы веществ различаются положением кратных связей (двойной, тройной) или иной функциональной группы. Например:

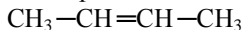




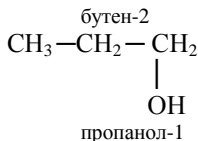
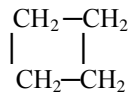
и



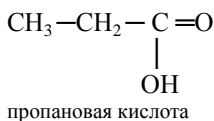
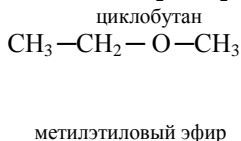
Межклассовая изомерия. Это наиболее распространенный вид изомерии. Молекулы межклассовых изомеров принадлежат к разным классам органических соединений. Например:



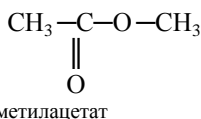
и



и



и

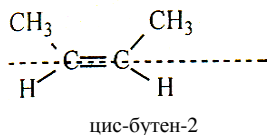


Пространственная изомерия. Изомеры, имеющие одинаковую молекулярную формулу, но различающиеся расположением атомов в пространстве, называются пространственными, или стереоизомерами.

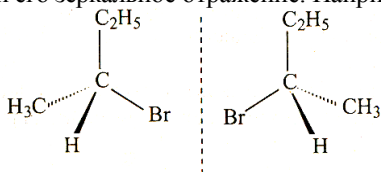
Конфигурационная изомерия. Молекулы конфигурационных изомеров имеют устойчивое расположение атомов или групп атомов в пространстве. Они не переходят друг в друга при вращении вокруг простых связей. Различают два вида конфигурационной изомерии: *геометрическую и оптическую.*

Геометрическая изомерия может иметь место, если молекула содержит двойную связь или цикл.

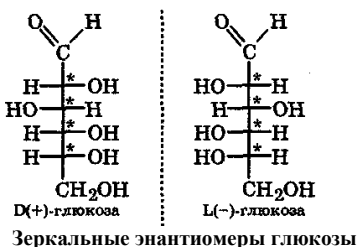
Для обозначения геометрических изомеров используется цис-транс-номенклатура. Конфигурацию двойной связи, у которой одинаковые заместители расположены по одну сторону от линии двойной связи, обозначают префиксом *цис-*, а его изомера – *транс-*:



Оптическая изомерия. Простейшим случаем существования оптических изомеров является несовпадение двух молекул, относящихся друг к другу как предмет и его зеркальное отражение. Например:



Для обозначения оптических изомеров используется D, L-номенклатура, где в качестве стандарта взяты оптические изомеры глицеринового альдегида. Конфигурацию одного из изомеров обозначили буквой D, а второго – L. Альдозы и кетозы содержат асимметрические атомы углерода. Для них характерно большое количество стереоизомеров ($2n^2$, где n – число асимметрических атомов). Например, альдогексозы имеют четыре асимметрических атома углерода. Существует восемь различных альдогексоз. Каждая из них имеет два оптических изомера. Таким образом, общее количество изомеров альдогексоз насчитывает 16. Наиболее важными из них являются два оптических изомера глюкозы. Символы D и L указывают конфигурацию гидроксильной группы, присоединенной к атому C_5 .



Традиционно D-, L-номенклатура используется в рядах аминокислот, оксикислот, углеводов.

Задание 2. Опишите общие способы получения диеновых углеводородов. Напишите соответствующие реакции. Назовите все вещества, участвующие в них.

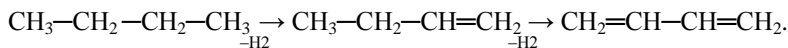
Ответ. Общие способы получения диеновых углеводородов.

Получение бутадиена-1,3:

1. Дегидрирование бутана над медно-хромовыми катализаторами:

400°C

400°C

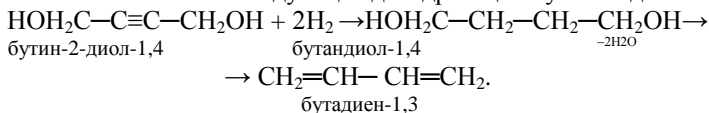


бутан

бутен-1

бутадиен-1,3

2. Восстановление и последующая дегидратация бутин-2-диола-1,4:

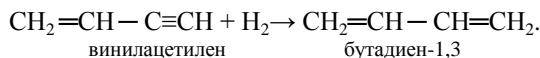


бутин-2-диол-1,4

бутандиол-1,4

бутадиен-1,3

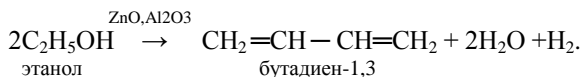
3. Осторожное гидрирование вилацетилен над Fe катализатором:



вилацетилен

бутадиен-1,3

4. Синтез (по Лебеву) из этилового спирта над оксидными катализаторами, содержащими Zn, Mg, Al:

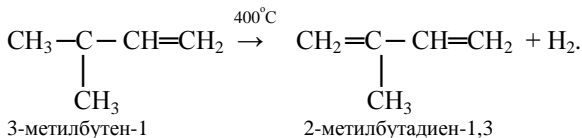


этанол

бутадиен-1,3

Получение изопрена (2-метилбутадиена-1,3):

Дегидрирование 3-метилбутена-1 над медно-хромовыми катализаторами:

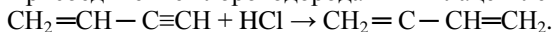


3-метилбутен-1

2-метилбутадиен-1,3

Получение хлоропрена (2-хлорбутадиена-1,3):

Присоединение хлороводорода к вилацетилену:



вилацетилен

Cl

2-хлорбутадиена-1,3

Задание 3. Охарактеризуйте молекулу бензола с точки зрения электронного строения. Приведите графические формулы, которые применяются для бензола.

Ответ. Ароматические углеводороды (арены) – это углеводороды, в молекулах которых имеется одно или несколько бензольных колец с насыщенными или ненасыщенными радикалами.

Простейшим представителем ароматических углеводородов является бензол C_6H_6 . Впервые формулу, отражающую строение его молекулы, предложил А. В. Кекуле в 1865 году. Рассмотрим современные представления о строении молекулы бензола. Все атомы углерода в составе его молекулы находятся в состоянии sp^2 -гибридизации. Каждый из них образует три σ -связи, двумя из которых он связан с двумя другими атомами углерода, третьей – с атомом водорода. Углы связей равны 120° . Все атомы, образующие молекулу бензола, находятся в одной плоскости. Негибридизированные p -орбитали расположены перпендикулярно плоскости молекулы. При этом каждая p -орбиталь перекрывается с двумя соседними p -орбиталями, в результате образуется общая π -система. Цикл из шести атомов углерода, связанных шестью σ -связями и π -системой, образованной в результате перекрывания шести p -электронов, называется бензольным кольцом.

Все связи между атомами углерода в молекуле бензола одинаковы, их длина составляет 0,140 нм, т. е. они короче одинарных (0,154 нм), но длиннее двойных (0,133 нм) связей. В соответствии с современными представлениями о строении молекулы бензола его структурную формулу изображают так:



В некоторых случаях допустимо и такое изображение структурной формулы бензола:



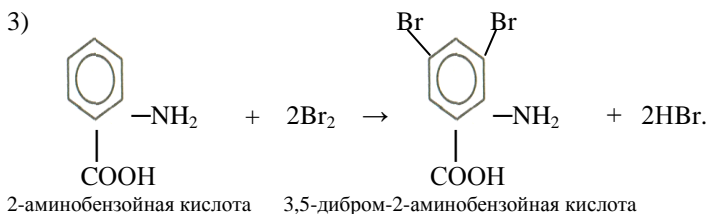
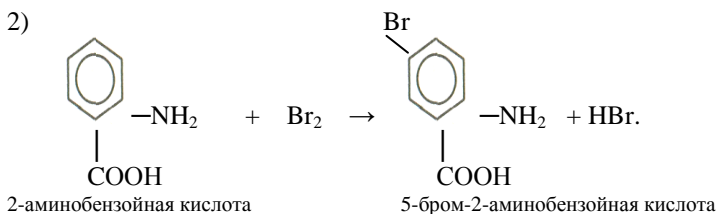
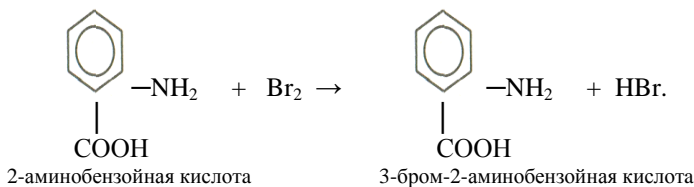
Общая формула для гомологов бензола имеет вид C_nH_{2n-6} , где $n \geq 6$. Гомологи бензола можно рассматривать как его производные. У гомолога бензола метилбензола $C_6H_5CH_3$ или C_7H_8 (толуола):



Задание 4. При действии бромной воды на антраниловую (2-аминобензойную кислоту) получена смесь моно- и дибромпроизводных. Напишите структурные формулы.

Ответ. 1)





Все изомеры получены в результате согласованной ориентации заместителей (орто-, пара-NH₂ и мета-COOH).

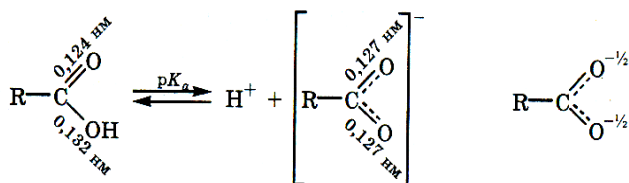
Задание 5. Исходя из электронного строения функциональной группы и характера углеводородного радикала сравните силу предельных одноосновных карбоновых кислот.

Ответ. Для карбоновых кислот и их производных характерна разнообразная реакционная способность, обусловленная присутствием в молекулах карбоксильной группы. В карбоксильной группе имеются полярные ковалентные связи: между ее углеродным и кислородным атомами (C=O, C—O), а также связь O—H. При этом связь C=O длиннее, чем в кетонах, а связь C—O короче, чем в спиртах, что обусловлено взаимодействием неподеленной пары кислородного атома гидроксильной группы с π-электронами карбонильной группы, т. е. электроннодонорным эффектом сопряжения (+M). В результате этого эффекта увеличивается полярность связи O—H и снижается частичный положительный заряд δ+ на карбонильном углеродном атоме по сравнению с другими карбонильными соединениями (альдегидами и кетонами).

Соответственно и связанный с карбоксильной группой COOH-кислотный центр является более слабым, чем аналогичный центр в альдегидах и кетонах. В отличие от альдегидов и кетонов, для которых характерны реакции нуклеофильного присоединения по кратной связи карбонильной группы, карбоновые кислоты и их производные обычно вступают в реакции нуклеофильного замещения по их электрофильным центрам, часто сопровождаемые кислотно-основными и окислительно-восстановительными превращениями.

Атом водорода, связанный с α -углеродным атомом цепи, также чувствителен к атаке свободными радикалами, что может приводить к гомолитическому разрыву разных связей и даже вызывать реакции декарбоксилирования или декарбонилирования (отщепления CO₂ или CO соответственно). Таким образом, карбоновые кислоты и их производные могут взаимодействовать с нуклеофилами, электрофилами или радикальными частицами в зависимости от свойств реагентов и условий проведения реакции.

Карбоновые кислоты вследствие большой полярности и поляризуемости связи O–H проявляют кислотные свойства, что отражается в их названии. В водных растворах происходит диссоциация этой связи с образованием гидратированных частиц: протона и аниона, называемого карбоксилат-анионом:



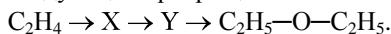
В карбоксилат-анионе отрицательный заряд равномерно распределяется между обоими кислородными атомами из-за делокализации электронной плотности в сопряженной системе, что увеличивает стабильность этой частицы. Сила карбоновых кислот зависит от природы заместителей в углеводородном радикале и от стабильности образующегося аниона. Так, электронодонорные заместители (+I-эффект) ослабляют кислотные свойства, потому что уменьшают частичный положительный заряд на углеродном атоме карбоксильной группы (ср. pK_a HCOOH и CH₃COOH). Электроноакцепторные заместители (-I-эффект), оттягивая на себя электронную плотность, способствуют усилению кислотности карбоновых кислот, так как одновременно увеличивают частичный положительный заряд на углеродном

атоме карбоксильной группы и стабилизируют карбоксилат-анион из-за большей делокализации отрицательного заряда. Кислотные свойства карбоновых кислот увеличиваются в ряду:



Карбоновые кислоты являются более сильными кислотами, чем угольная кислота. Поэтому с их помощью можно выделять угольную кислоту из карбонатов.

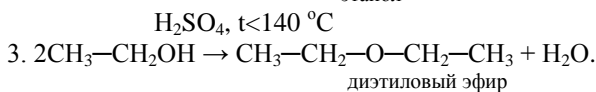
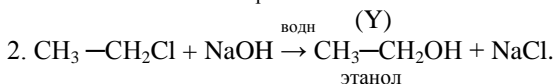
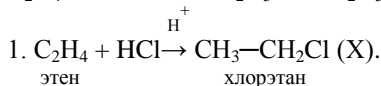
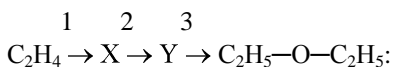
Задание 6. Напишите уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить следующие превращения:



Укажите условия протекания реакций. Назовите все соединения, участвующие в данных реакциях. Поясните ход ваших рассуждений.

Ответ. Конечным продуктом превращения является диэтиловый эфир, который можно получить: а) в результате межмолекулярной дегидратации этилового спирта или б) при взаимодействии этилата натрия с хлорэтаном. Для данного условия подходит вариант а) и веществом Y является этанол. Этанол можно получить: а) непосредственно гидратацией этена или б) действием водного раствора щелочи на хлорэтан. По условию между этеном и этанолом есть промежуточный продукт X, который и соответствует хлорэтану.

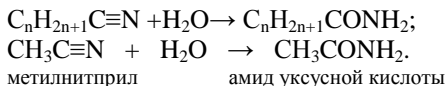
Уравнения реакций, с помощью которых можно осуществить превращения



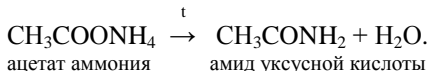
Задание 7. Перечислите основные способы получения амидов. Приведите уравнения соответствующих реакций. Назовите соединения, участвующие в этих реакциях.

Ответ. Основные способы получения амидов:

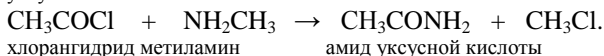
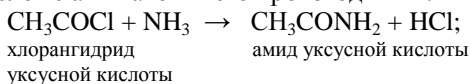
1. Омыление нитрилов (проводят 96%-ной серной кислотой или перекисью водорода в растворе NaOH):



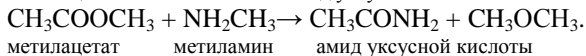
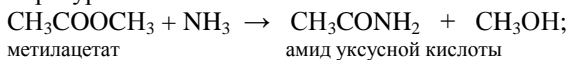
2. В жестких условиях амиды образуются при дегидратации аммониевых солей карбоновых кислот при нагревании:



3. Амиды кислот образуются при взаимодействии хлорангидридов кислот с аммиаком и его производными:



4. Эффективным способом является получение амидов из эфиров карбоновых кислот с растворами аммиака или аминов при комнатной температуре:



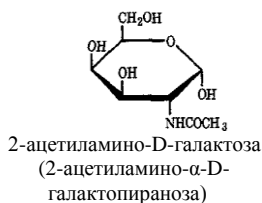
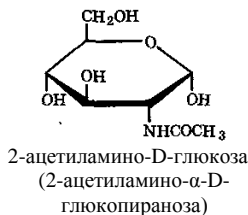
Задание 8. Характеристика гликозаминов. Показать строение гиалуриновой кислоты. Объяснить свойства, биологическую роль.

Ответ. Гликозаминогликаны – группа кислых гетерополисахаридов – в качестве структурных элементов протеогликанов являются важным компонентом межклеточного матрикса. В качестве типовых структурных блоков гликозаминогликаны содержат аминоксахара, такие, как глюкуроновая или идуроновая кислоты. Большинство полисахаридов этой группы в различной степени этерифицировано остатками серной кислоты, которые усиливают их кислотные свойства. Гликозаминогликаны присутствуют в организме позвоночных как в свободном виде, так и в составе протеогликанов.

Аминосакхара (гликозамины) – моносахариды, содержащие NH₂-группы вместо одной или нескольких OH-групп. В зависимости от положения аминогруппы различают 2-амино-, 4-амино-, 2,6-диаминосакхара. В природе наиболее распространены 2-аминоглюкоза и 2-аминогалактоза. Они встречаются в животных организмах и растениях в виде N-ацетилпроизводных, являющихся структурными компо-

нентами гетерополисахаридов – хитина, гепарина, гиалуроновой кислоты и др. Для аминоксахаров характерны свойства как моносахаридов, так и аминов.

Гиалуроновая кислота – относительно простой неэтерифицированный гликозаминогликан – построена из дисахаридных звеньев, состоящих из N-ацетилглюкозамина и глюкуроновой кислоты, соединенных в положении $\beta(1\rightarrow3)$. Повторяющиеся звенья связаны в положении $\beta(1\rightarrow4)$. Благодаря присутствию $\beta(1\rightarrow3)$ -связей молекула гиалуроновой кислоты, насчитывающая несколько тысяч моносахаридных остатков, принимает конформацию спирали. На один виток спирали приходится три дисахаридных блока. Локализованные на внешней стороне спирали гидрофильные карбоксильные группы остатков глюкуроновой кислоты могут связывать ионы Ca^{2+} . За счет сильной гидратации этих групп гиалуроновая кислота и другие Гликозаминогликаны при образовании гелей связывают 10 000-кратный объем воды. Гиалуроновая кислота выполняет функцию стабилизатора геля в стекловидном теле глаза, которое содержит всего 1 % гиалуроновой кислоты и на 98 % состоит из воды.



Многие белки внешней стороны плазматических мембран и большинство секретируемых белков содержат олигосахаридные цепи, которые синтезируются в процессе посттрансляционной модификации в эндоплазматическом ретикулуме и в аппарате Гольджи. Цитоплазматические белки, напротив, редко бывают гликозилированы. Гликопротеины могут содержать до 50 % углеводов, но, как правило, в молекуле преобладает белковая часть.

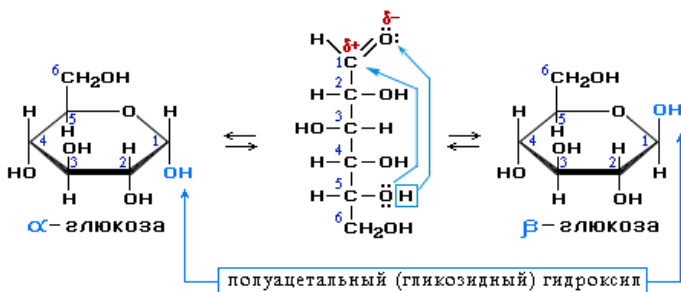
Протеогликаны – одни из наиболее крупных молекул ($M > 2 \cdot 10^6$ Да); они включают белковую (5 %) и углеводную (95 %) составляющие и по форме напоминают ершик для мытья бутылок. Белковые мономеры, несущие множество полисахаридных цепей, ассоциированы с осевой молекулой гиалуроновой кислоты. Полисахариды, обнаруженные в

протеогликанах, обычно содержат ацелированные аминоксахара и, следовательно, относятся к гликозаминогликанам.

Задание 9. Цикло-цепная таутомерия моносахаридов.

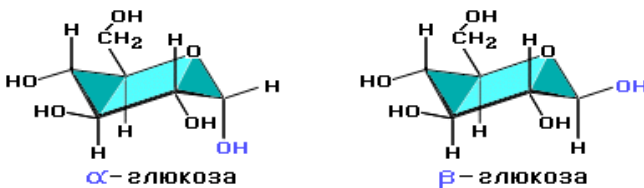
Ответ. Реакция присоединения спирта к альдегиду внутри одной молекулы сопровождается ее циклизацией, т. е. образованием циклического полуацетала. Известно, что наиболее устойчивыми являются пяти- и шестичленные циклы. Поэтому, как правило, происходит взаимодействие карбонильной группы с гидроксильной группой при 4-м или 5-м углеродном атоме (нумерация начинается с карбонильного углерода или ближайшего к нему конца цепи). Таким образом, в результате взаимодействия карбонильной группы с одной из гидроксильных моносахариды могут существовать в двух формах: линейной (оксоформе) и циклической (полуацетальной).

В растворах моносахаридов эти формы находятся в равновесии друг с другом. Например, в водном растворе глюкозы существуют следующие структуры:

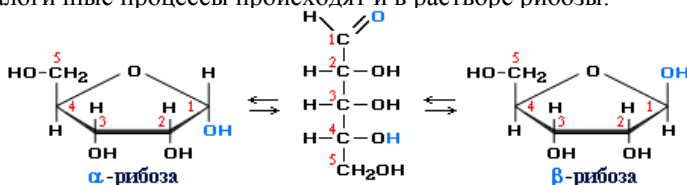


Циклические α - и β -формы глюкозы представляют собой пространственные изомеры, отличающиеся положением полуацетального гидроксильного атома относительно плоскости кольца. В α -глюкозе этот гидроксил находится в цис-положении к гидроксильной группе при C_2 , в β -глюкозе – в транс-положении.

С учетом пространственного строения шестичленного цикла формулы этих изомеров имеют следующий вид:



Аналогичные процессы происходят и в растворе рибозы:



В кристаллическом состоянии моносахариды имеют циклическое строение.

Задание 10. Цветные реакции белков.

Ответ. 1. Биуретовая реакция белков. Раствор белка со щелочным раствором сульфата меди дает красно-фиолетовое или сине-фиолетовое окрашивание. Биуретовая реакция обусловлена наличием в молекулах белка пептидных групп $-\text{CO}-\text{NH}-$. Ионы Cu^{2+} образуют комплекс с енолизированными пептидными группами белка, Окраска растворов белка при образовании медного комплекса в случае биуретовой реакции может быть от синей до красной с преобладанием фиолетовой.

2. Нингидриновая реакция белков. Раствор белка с 1%-ным раствором нингидрина в 95%-ном растворе ацетона медленно приобретает сине-фиолетовый (или желтовато-фиолетовый) оттенок, свидетельствующий о присутствии аминокислот, содержащих α -аминогруппы. Нингидриновая реакция является одной из наиболее чувствительных для обнаружения α -аминогруппы. В результате взаимодействия α -аминогруппы аминокислоты или белка с нингидрином возникает Шиффово основание. Затем оно претерпевает перегруппировку, декарбоксилируется и расщепляется на альдегид и аминокетогидриндамин.

3. Ксантопротеиновая реакция. Смесь раствора белка и концентрированной азотной кислоты в пробирке нагревают до кипения и кипятят около 2 мин. При нагревании раствор и осадок окрашиваются в ярко-желтый цвет, при этом осадок может полностью раствориться в результате гидролиза. Смесь охлаждают и осторожно (по стенке пробирки) приливают избыток концентрированного раствора аммиака или щелочи до щелочной реакции. Выпадающий вначале осадок кислотного альбумината растворяется, и жидкость окрашивается в ярко-оранжевый цвет.

Ксантопротеиновая реакция происходит только при наличии в белках остатков ароматических аминокислот (фенилаланина, тирозина и триптофана). Желтоокрашенные нитросоединения образуются в ре-

зультате нитрования ароматических радикалов этих аминокислот азотной кислотой. Изменение желтой окраски в оранжевую в щелочной среде обусловлено появлением хромофорной группы.

4. Реакция Паули. Реакцию Паули дают белки, содержащие в белковой молекуле остатки гистидина и тирозина. Раствор белка с 1%-ным раствором сульфаниловой кислоты в 5%-ном растворе соляной кислоты при добавлении 0,5%-ного раствора NaNO_2 и 10%-ного раствора Na_2CO_3 дает вишнево-красное окрашивание.

5. Нитропруссидная реакция белков. Раствор белка с насыщенным раствором сульфата аммония и 5%-ным раствором нитропруссид натрия в щелочной среде образует красно-пурпурное окрашивание. Это доказывает, что в состав белка входит аминокислота цистеин. Нитропруссид натрия с серосодержащими органическими соединениями в щелочной среде образуют комплексное соединение.

6. Реакция на серу в белках. К раствору белка приливают 30%-ный раствор едкого натра и несколько капель уксуснокислого свинца. При наличии в молекулах белка аминокислот, содержащих серу (цистеин, цистин, метионин), отщепляется сера в виде ионов S^{2-} , которые образуют с солями свинца черный осадок.

Задание 11. Классификация витаминов.

Ответ. Витамины делят на две большие группы: витамины, растворимые в жирах, и витамины, растворимые в воде. Каждая из этих групп содержит большое количество различных витаминов, которые обычно обозначают буквами латинского алфавита. Следует обратить внимание на то, что порядок этих букв не соответствует их обычному расположению в алфавите и не вполне отвечает исторической последовательности открытия витаминов.

В приводимой классификации витаминов в скобках указаны наиболее характерные биологические свойства данного витамина – его способность предотвращать развитие того или иного заболевания. Обычно названию заболевания предшествует приставка *анти-*, указывающая на то, что данный витамин предупреждает или устраняет это заболевание.

Витамины, растворимые в жирах.

Витамин А (антиксерофтальмический).

Витамин D (антирахитический).

Витамин Е (витамин размножения).

Витамин К (антигеморрагический).

Витамины, растворимые в воде.

Витамин В₁ (антиневритный).
Витамин В₂ (рибофлавин).
Витамин РР (антипеллагрический).
Витамин В₆ (антидермитный).
Пантотен (антидерматитный фактор).
Биотин (витамин Н, фактор роста для грибов, дрожжей и бактерий, антисеборейный).
Инозит. Парааминобензойная кислота (фактор роста бактерий и фактор пигментации).
Фолиевая кислота (антианемический витамин, витамин роста для цыплят и бактерий).
Витамин В₁₂ (антианемический витамин).
Витамин В₁₅ (пангамовая кислота).
Витамин С (антискорбутный).
Витамин Р (витамин проницаемости).

Задание 12. Роль витаминов в зоотехнической практике.

Ответ. Основным источником витаминов для животных являются корма растительного и животного происхождения. Однако некоторые витамины животные при известных условиях могут синтезировать в организме из физиологически недеятельных провитаминов. В кормах растительного происхождения витамины содержатся в неодинаковом количестве и в разных соотношениях. В связи с этим в кормовые рационы сельскохозяйственных животных и птицы необходимо включать корма в таком соотношении, чтобы можно было бы обеспечить их полноценность. В противном случае необходимо включать в рацион витамины.

Недостаток витаминов в организме животных, по данным В. М. Холода, вызывается рядом причин. Они могут быть самыми различными: недостаток витаминов в рационе, нарушение их обмена в организме, нарушение биосинтеза или всасывания в пищевом тракте, различные заболевания, применение некоторых лекарственных веществ, высокая продуктивность животного и др.

Недостаток или избыток поступления витаминов с пищей приводит к развитию авитаминоза, гиповитаминоза и гипервитаминоза. Авитаминоз развивается при длительной недостаточности витамина. При частичной недостаточности витамина наблюдается гиповитаминоз. Различают пищевой и эндогенный авитаминозы. Пищевой связан с недостаточным поступлением витаминов с пищей. В случае эндогенного авитаминоза витамины с пищей поступают в достаточных ко-

личествах. Совместная недостаточность нескольких витаминов называется полиавитаминозом. Избыточное поступление витамина с пищей может привести также к нежелательному состоянию – гипervитаминозу.

Большой вклад в разработку теории и практики витаминного питания в животноводстве внесли В. Н. Букин, Н. И. Берзинь, А. Р. Вальдман, П. И. Викторов, В. М. Голушко, И. И. Горячев, Л. М. Двинская, А. А. Дмитриевский, И. А. Ионов, Н. Т. Маслиев, И. Г. Пивняк, Н. В. Редько, К. М. Солнцев, И. С. Серяков, П. Ф. Сурай, И. Ф. Ткачев, М. В. Шалак и другие ученые.

Быстрое развитие науки о витаминах объясняется, прежде всего, практической значимостью этих веществ, их широким внедрением в практику животноводства. Другими словами, витамины в настоящее время вышли далеко за пределы медицины и ветеринарии, они оказались необходимыми в животноводстве для сохранения молодняка сельскохозяйственных животных от падежа, для повышения интенсивности его роста.

Характеризуя витаминологию, В. Н. Букин указывал, что учение о витаминах явилось самым значимым, самым разительным явлением, имеющим большое теоретическое и практическое значение. Это учение не отрицает прежнего положения, что удовлетворение энергетических потребностей является необходимым условием существования организма, но с полной несомненностью показывает, что минимальное количество витаминов играет колоссальную роль в обмене веществ, а их недостаток выводит из равновесия нормальное функционирование организма.

В современном животноводстве на протяжении десятилетий преследовались в первую очередь хозяйственные цели. Интересы народного хозяйства всех стран требуют повышения продуктивности животноводства при одновременном снижении стоимости продукции за счет введения современной технологии и, следовательно, через соответствующие мероприятия по кормлению.

Связанный с повышением уровня продуктивности повышенный обмен веществ представляет сильную нагрузку на весь организм. Чтобы при этом предотвратить или хотя бы снизить до минимума нарушение здоровья, необходимо повысить потребление низкокалорийных, но ценных в другом отношении веществ. К ним, наряду с незаменимыми аминокислотами, относятся, прежде всего, жирорастворимые витамины и ряд неорганических соединений. По мнению Э. Д. Визнера, все эти вещества должны поступать в организм не только в опреде-

ленном количестве, но и в определенной пропорции друг к другу и к основным питательным веществам. Установлено, что поступающие в организм вещества – белки, жиры, углеводы, микро- и макроэлементы сами по себе являются соединениями инертными, безжизненными. Чтобы превратиться в ткани тела, эти вещества должны подвергнуться глубоким химическим изменениям, которые осуществляются при обязательном участии биологических катализаторов. Такими катализаторами служат белки-ферменты. Они в миллионы раз ускоряют химические реакции. Для образования ферментов в клетках необходимы витамины, которые ускоряют реакции превращения белков, жиров и углеводов пищи в такие же вещества тела.

В настоящее время доказано, что витамины организм животных не синтезирует или синтезирует в недостаточном количестве, поэтому они должны поступать с пищей в готовом виде в малых количествах для поддержания жизненно важных функций организма.

По мнению А. И. Петенко, витамины не являются пластическим материалом и не служат источником энергии, однако необходимы для всех жизненных процессов, и их биохимическая сущность сводится к катализу реакций дегидрирования, карбоксилирования, ацелирования, метилирования и т. д. Возникающие при недостатке витаминов явления обычно связаны не с каким-либо узко конкретным симптомом, а чаще с поражением клеток в целом и охватывают ряд жизненных функций организма из-за нарушения синтеза белка в клетках. Однако в связи с участием конкретных витаминов в отдельных ферментных системах их отсутствие вызывает и специфические для каждого из них реакции.

Витамины также играют роль катализаторов и способствуют усвоению питательных веществ, превращению их в необходимые для жизнедеятельности организма соединения, стимулируют деятельность желез внутренней секреции и функции различных органов.

В. Н. Букин отмечает, что, будучи вплетенными в сложную сеть обменных реакций, витамины оказывают воздействие на разнообразные физиологические процессы. Они влияют на рост, развитие, функции половой системы, деятельность кроветворных органов и органов чувств, явления иммунитета. Все эти разнообразные и коренные по своей значимости стороны жизнедеятельности теснейшим образом связаны с витаминами.

Задание 13. Понятие кофактор. Соединения, выступающие в роли кофакторов. Приведите примеры.

Ответ. Относительная молекулярная масса ферментов может колебаться от 10^4 до 10^6 и более. Ферменты – это, как правило, глобулярные белки. Одни ферменты являются простыми белками и состоят только из аминокислотных остатков (рибонуклеаза, пепсин, трипсин), активность других зависит от наличия в их составе дополнительных химических компонентов, так называемых кофакторов. В качестве кофакторов могут выступать ионы металлов Fe^{2+} , Mn^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} или сложные органические вещества – коферменты. В состав многих из них входят витамины.

Коферменты могут выполнять следующие функции:

- а) участие в катализе;
- б) осуществление взаимодействия между субстратом и ферментом;
- в) стабилизация фермента.

Превращаемые вещества называются субстратами. Превращение субстрата происходит в области активного центра, который сформирован в третичной структуре большинства ферментов. У простых белков-ферментов активный центр образован сближенными в пространстве радикалами аминокислот первичной структуры. У сложных белков-ферментов здесь находятся кофакторы. В активном центре выделяют две части: якорная (радикалы аминокислот обеспечивают фиксацию субстрата) и каталитическая (радикалы аминокислот и кофакторы обеспечивают катализ). Помимо активного центра в молекуле фермента присутствует еще и аллостерический центр. Он представляет собой участок молекулы фермента, с которым связываются определенные, как правило, низкомолекулярные вещества (модификаторы), молекулы которых не сходны по строению с субстратом.

Для названий ферментов используется тривиальная, рациональная и систематическая номенклатура. Тривиальные названия следует просто запоминать. Они употребимы для ограниченного числа ферментов (пепсин, трипсин, химотрипсин и т. д.). Чаще используется рациональная номенклатура, согласно которой название фермента составляют из корня латинского названия субстрата с прибавлением суффикса *-аза*. Например, каталитическое расщепление дисахарида мальтозы осуществляет фермент мальтаза, сахарозы – сахараза, крахмала (по латыни амилум) – амилаза и т. д. Иногда в таком названии фермента может быть отражен тип катализируемой реакции. Например, лактатдегидрогеназа (де – отнимаю, гидро – водород), пируватдекарбоксилаза (де – отнимаю, карбоксил – карбоксильную группу) и т. д. Достоинство этой номенклатуры – краткость, недостаток – ограниченная информация о субстрате и типе химической реакции.

Задание 14. Специфичность действия ферментов.

Ответ. В отличие от катализаторов неорганической природы ферменты обладают высокой специфичностью действия. Каждый данный фермент катализирует лишь определенную химическую реакцию, т. е. действует на вполне определенное вещество или на вполне определенный тип химической связи, обеспечивая строгую согласованность работы аппарата живой клетки.

Являясь катализаторами – веществами, ускоряющими реакции, ферменты имеют ряд общих свойств с химическими, небиологическими катализаторами.

1. Ферменты не входят в состав конечных продуктов реакции и выходят из реакции в первоначальном виде. Они не расходуются в процессе катализа.

2. Ферменты не могут возбудить реакций, противоречащих законам термодинамики, они ускоряют только те реакции, которые могут протекать и без них.

3. Ферменты, как правило, не смещают положения равновесия реакции, а лишь ускоряют его достижение.

Скорость реакции – это изменение концентрации компонентов реакции в единицу времени. Если она идет в прямом направлении, то пропорциональна концентрации реагирующих веществ, если в обратном – то пропорциональна концентрации продуктов реакции. Отношение скоростей прямой и обратной реакций называется константой равновесия. Ферменты не могут изменять величины константы равновесия, но состояние равновесия в присутствии ферментов наступает быстрее.

Для ферментов характерны и специфические свойства, отличающие их от химических катализаторов, выражающих их биологическую природу.

1. По химическому строению молекулы все ферменты являются белками.

2. Эффективность ферментов выше, чем небиологических катализаторов (скорость протекания реакции при участии фермента на несколько порядков выше, чем при участии химических катализаторов).

3. Одним из важнейших свойств ферментов как биокатализаторов является их регулируемость. Через регуляцию ферментативного аппарата осуществляется скоординированность всех метаболических процессов во времени и пространстве, направленная на производство жи-

вой материи, поддержание постоянства внутриклеточной среды, приспособление к меняющимся внешним условиям.

4. Ферменты обладают узкой специфичностью, избирательностью действия на субстраты, т. е. на вещества, превращение которых они катализируют. В клетках организма протекает 2–3 тыс. реакций, каждая из которых катализируется определенным ферментом. Специфичность действия фермента – это способность ускорять протекание одной определенной реакции, не влияя на скорость остальных, даже очень похожих.

5. Специфичность ферментов обусловлена их уникальной аминокислотной последовательностью, от которой зависит конформация активного центра, взаимодействующего с компонентами реакции.

6. При ферментативных реакциях в отличие от неферментативных наблюдаются лишь незначительные побочные процессы. Для ферментативных реакций характерен почти 100%-ный выход продуктов. Эта высокая специфичность действия фермента заключена в архитектуре его молекулы. За последние годы достигнуты заметные успехи в изучении пространственного строения большого числа ферментов.

Например, используя метод рентгеноструктурного анализа, удалось определить строение и создать модель молекулы лизоцима. Лизоцим – это фермент, содержащийся в слезах, слизи из полости носа и т. д. Он способен расщеплять молекулу сложного полисахарида, входящего в состав оболочки некоторых бактерий.

Задание 15. Биологическая роль витамина А.

Ответ. Витамин А – ретинол (антиксерофтальмический). Все сельскохозяйственные животные и птица нуждаются в поступлении в организм каротиноидов или витамина А с кормами. При их недостатке в рационах снижается молочная, шерстная и мясная продуктивность животных, яйценоскость птицы, ухудшается качество продукции, замедляется рост молодняка, нарушается обмен веществ и ослабляются защитные функции организма.

Предшественниками витамина А являются различные каротиноиды, которые синтезируются растениями и некоторыми микроорганизмами. В природе встречаются каротиноиды различной структуры. Из всех каротиноидов самой высокой А-витаминной биологической активностью обладает полный трансизомер β -каротина.

Переваримость каротина у животных колеблется в зависимости от их вида и возраста, источника каротина и сбалансированности рацио-

нов по липидам, протеину и незаменимым аминокислотам, углеводам, минеральным веществам, витаминам E, B₄, B₁₂, антиоксидантам и др.

Так, по данным опытов, у коров переваримость каротина кормов зимних рационов составляет в среднем 50 % (от 20 до 75), у телок – 37 (от 11 до 56), у овец – от 20–30 до 50 %. При сбалансированном рационе его усвоение животными существенно увеличивается.

Главная природная форма витамина A – ретинол – встречается в жирах животного происхождения. Другой его формой является ретиналь – альдегид витамина A.

Трансформация каротина в ретиналь происходит в основном на мембранах эритроцитов кишечника, а также в других тканях, где имеются специфические ферменты. В организме есть также ферменты, содержащие железо и соединения тиола, которые способствуют превращению эфирной формы витамина A в ретинол и в ретиноевую кислоту. Известен транспортный белок – акцептор витамина A. Желчь играет роль эмульгатора при всасывании витамина A.

Витамин A является постоянным компонентом клеточных и внутриклеточных мембран, влияющим на их прочность. Отмечена избирательная локализация ретинола в мембранах эритроцитов слизистой кишечника, в плазматических мембранах и мембранах эндоплазматической сети почек. Витамин A участвует в синтезе мукополисахаридов в слизистых оболочках, хрящах и вкусовых рецепторах. При его недостатке отмечают нарушения зрения, атрофия, дегенеративные изменения и кератинизация эпителия слизистых оболочек и кожи.

Витамин A участвует в поддержании целостности клеточных мембран и регулирует всасывание цинка в тонком отделе кишечника. В клетках слизистой кишечника обнаружены специфические рецепторы для ретинола и ретиноевой кислоты.

Под влиянием витамина A в подвздошной кишке образуется витамин A-зависимый цинксвязывающий белок, который стимулирует всасывание цинка, его транспортировку через кишечный эпителий в кровь и усвояемость. Недостаток витамина A приводит к развитию у животных вторичной цинковой недостаточности.

Часть витамина A постепенно превращается в кишечных эпителиоцитах в ретиноевую кислоту. Всасывание цинка стимулирует как ретинол, так и ретиноевая кислота, являющаяся его активным метаболитом. Предполагают, что основной формой витамина A, ответственной за всасывание цинка, является ретиноевая кислота – окисленный активный метаболит ретинола. При ее недостатке в клетках стенки киш-

ки задерживается до 30–50 % поступившего цинка и нарушается его обмен.

При недостатке витамина А в организме беременных животных в плаценте разрушаются и атрофируются ворсинки, перерождается (деквмируется) покрывающий их эпителий, что нарушает процессы обмена материнского организма и плода, уменьшается синтез эстрогенов.

Обеспеченность рационов витамином А (как и витаминами Е и Д) влияет на состояние иммунитета у сельскохозяйственных животных. При сбалансированности рационов по жирорастворимым витаминам у животных повышается фагоцитарная, бактерицидная и лизоцимная активность сыворотки крови и содержание в ней иммуноглобулинов.

При обогащении рационов телят витаминами А и Е у них повышается титр антител против *E. coli*, а у птицы – количество лимфоцитов в тимусе, коже и бурсе Фабрициуса.

На эффективность использования каротина, витаминов А и Е из кормов влияет возраст молодняка. Так, у телят до 2–3-недельного возраста обычно наблюдается гипокаротилемия независимо от содержания каротина в молозиве и молоке. Добавление бета-каротина в рационы не увеличивает его содержание в крови. В ранний период ограничена способность телят к трансформации β-каротина в витамин А.

У поросят каротин также не усваивается и не трансформируется в витамин А до 20-дневного возраста. Телята молочного периода лучше используют витамины А, Е, Д, С и В₂ при даче их с кормом. Цыплята раннего возраста эффективнее усваивают солибилизирующийся в воде препарат витаминов А, Д₃ и Е (инсолвит). Содержание йода в рационах животных и соответственно уровень тиреоидных гормонов в плазме крови оказывают влияние на превращение каротина в витамин А.

Основным методом определения достаточности обеспечения сельскохозяйственных животных каротином и витамином А является анализ кормов на их содержание с последующим расчетом количества каротина и витамина А в рационах и сопоставление полученных данных с нормами.

Критерием обеспеченности крупного рогатого скота каротином и витамином А может служить содержание каротина и витамина А в сыворотке или плазме крови, а также их концентрация в печени, молозиве и молоке. Содержание каротина в сыворотке крови коров колеблется в зависимости от сезона года, поступления с кормами, его доступности и составляет в норме для коров в пастбищный период 9–28 мг/л, в зимний стойловый период – 4–10 мг/л. Содержание кароти-

на, равное 0,2–0,3 мг% и менее, тесно коррелирует с истощением его запасов в печени и значительным уменьшением уровня его поступления с кормами рациона.

Содержание каротина в полноценном молозиве коров колеблется от 1,0 до 1,5 мкг/мл, а в молоке коров в пастбищный период – от 0,3 до 0,7, в зимний стойловый период – от 0,10 до 0,20 мкг/мл. При дефиците каротина в рационах коров его уровень в молозиве составляет 0,3–0,8 мкг/мл.

Организм свиней отличается слабой способностью превращать каротин в витамин А. Использование каротина у 3-месячных поросят составляет 20 %, у 4-месячных – 27, усвояемость каротина у свиноматок равна 36 %. На превращение каротина в витамин А влияют многие факторы: соотношение питательных веществ в рационе, состояние нервной системы животных, их возраст, пол, а также климатические условия.

Известны две формы витамина А: А₁ и А₂. Витамин А содержится в печени рыб, яйцах, молоке. В растениях витамин А отсутствует, но во многих растениях (морковь, помидоры, перец) содержатся каротиноиды, которые в организме животных могут превращаться в витамин А.

При авитаминозе наблюдается поражение эпителиальных тканей, ослабление иммунитета, снижение остроты зрения в сумерках – куриная слепота. Избыточное поступление витамина А может вызвать гипervитаминоз – интоксикацию организма. Этот витамин в составе сложного белка родопсина принимает участие в фоторецепции.

За международный стандарт принят полный трансвитамин А-ацетат; 1 международная единица витамина эквивалентна 0,344 мкг полного трансвитамина А-ацетата или 0,6 мкг полного транскаротина. А-витаминный эквивалент каротина имеет для разных животных различное значение.

Задание 16. Номенклатура и классификация ферментов.

Ответ. Название фермента формируется из следующих частей:

- 1) название субстрата, с которым он взаимодействует;
- 2) характер катализируемой реакции;
- 3) наименование класса ферментов (но это необязательно);
- 4) суффикс *-аза*.

Пример: пируват - декарбоксил - аза, сукцинат - дегидроген - аза.

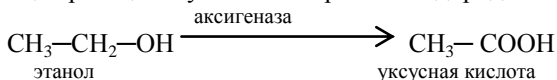
Ранее ферменты назывались по наименованию субстрата с добавлением суффикса *-аза*. Позже ферменты, катализирующие сходные реакции, получили название по типу реакции: дегидрогеназы, оксида-

зы, декарбоксилазы и др. Международный совет биохимиков предложил положить в основу наименования и классификации ферментов тип химической реакции и ее механизм.

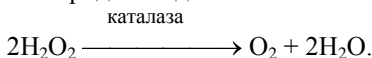
Часто название фермента образуется путем прибавления суффикса к названию субстрата, на который он воздействует. Например, название фермента уреазы произошло от английского слова *urea* – мочевина, протеаза (фермент, расщепляющий белки) – от слова протеин. Многие ферменты имеют тривиальные названия, не связанные с названием их субстратов, например, пепсин и трипсин. Существуют и систематические названия ферментов, включающие названия субстратов и отражающие характер катализируемой реакции.

Реакции и ферменты, их катализирующие, делят на 6 классов, каждый из которых состоит из 4–13 подклассов: оксидоредуктазы, трансферазы, гидролазы, лиазы, изомеразы, лигазы (синтетазы).

1.1. **Оксидоредуктазы** катализируют окислительно-восстановительные реакции с участием двух субстратов А и В: А восст. + В окисл. ↔ А окисл. + В восст. Различают следующие основные оксидоредуктазы: оксидазы (аэробные дегидрогеназы), которые катализируют перенос протонов (электронов) на кислород; анаэробные дегидрогеназы, катализирующие перенос протонов (электронов) на промежуточный субстрат, но не на кислород; цитохромы, обеспечивающие перенос только электронов; каталаза и пероксидаза, катализирующие реакции с участием перекиси водорода:

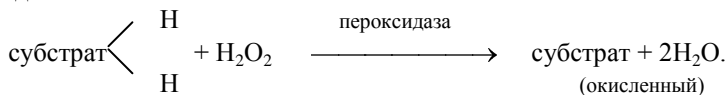


Каталаза – фермент, катализирующий окисление пероксида водорода с образованием кислорода и воды:

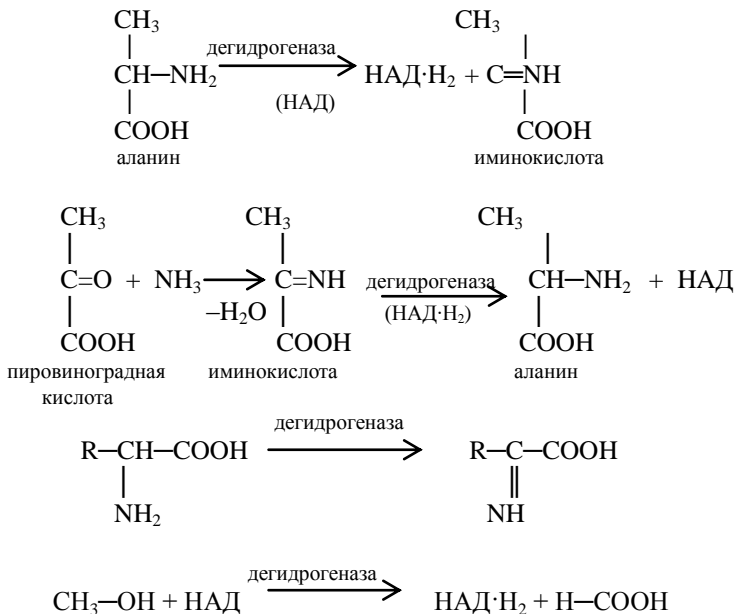


Фермент присутствует во многих тканях и эритроцитах крови, где обезвреживает постоянно образующийся в процессе окисления веществ пероксид водорода.

Пероксидаза – фермент, ускоряющий реакцию окисления веществ (фенолов, аминов, альдегидов и т. д.) в присутствии пероксида водорода по схеме:



Фермент содержится во многих тканях, в молоке, лейкоцитах, корне хрена. Обнаружить пероксидазу крови можно бензидином, который в присутствии пероксидазы окисляется до соединения оранжевого цвета.



1.2. **Трансферазы** катализируют реакции межмолекулярного переноса групп X (отличных от атома водорода) с субстрата А на субстрат В: $\text{A-X} + \text{B} \leftrightarrow \text{A+B-X}$, а именно: одноуглеродных остатков, ацильных, гликозильных, альдегидных или кетонных, нуклеотидных остатков, азотистых групп, остатков фосфорной и серной кислот и др.

Например: ацетил – КоА + холин \leftrightarrow КоА + ацетилхолин.

1.2.1. Метилтрансферазы (CH_3-).

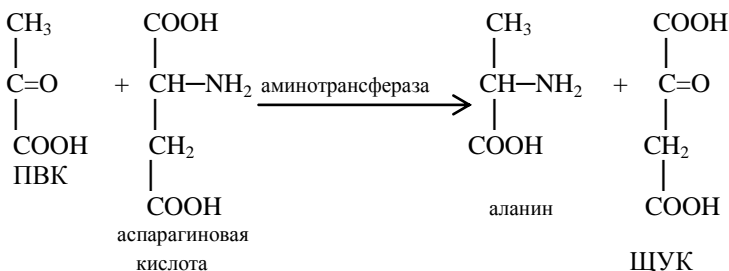
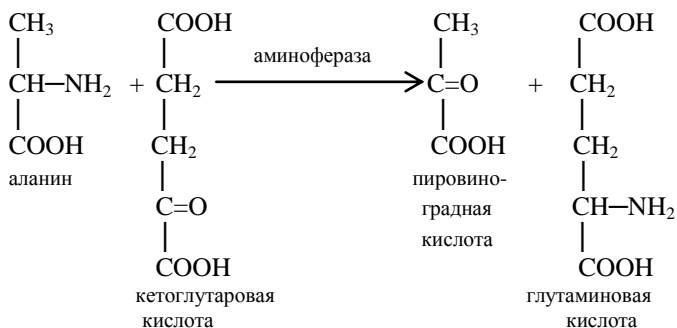
1.2.2. Карбоксил- и карбамоилтрансферазы.

1.2.3. Ацилтрансферазы – кофермент А (перенос ацильной группы $-\text{R}-\text{C}=\text{O}$). Пример: синтез нейромедиатора ацетилхолина.

1.2.4. Гексозилтрансферазы – катализируют перенос гликозильных остатков. Пример: отщепление молекулы глюкозы от гликогена под действием фосфорилазы.

1.2.5. Аминотрансферазы – перенос аминогрупп. Играют важную роль в превращении АК. Общим коферментом является пиридоксаль-фосфат. Пример: аланинаминотрансфераза (АлАТ): пируват + глутамат = аланин + альфа-кетоглутарат.

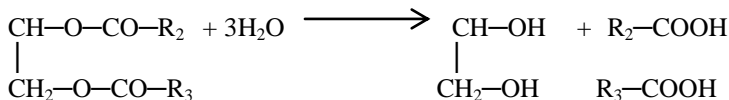
1.2.6. Фосфотрансферазы (киназы) – катализируют перенос остатка фосфорной кислоты. В большинстве случаев донором фосфата является АТФ. В процессе расщепления глюкозы в основном принимают участие ферменты этого класса. Пример: гексо(глюко)киназа.



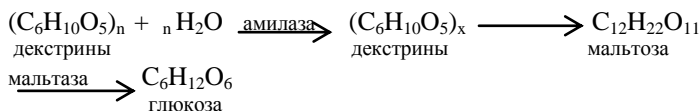
1.3. **Гидролазы** катализируют гидролиз эфирных, сложноэфирных, пептидных и гликозидных связей, кислородных ангидридов, связей С–С, С–галоген, т. е. расщепление внутримолекулярных связей с участием воды. Например, ацетилхолин + H₂O ↔ холин + уксусная кислота.

1.3.1. Эстеразы, гликозидазы и т. д. Пример: липаза.

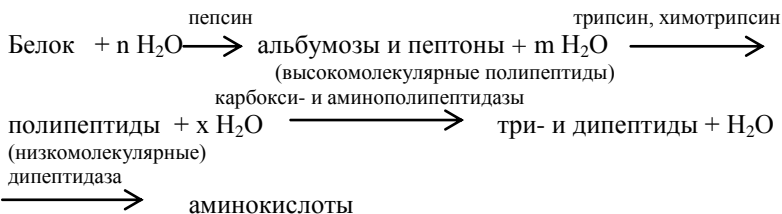
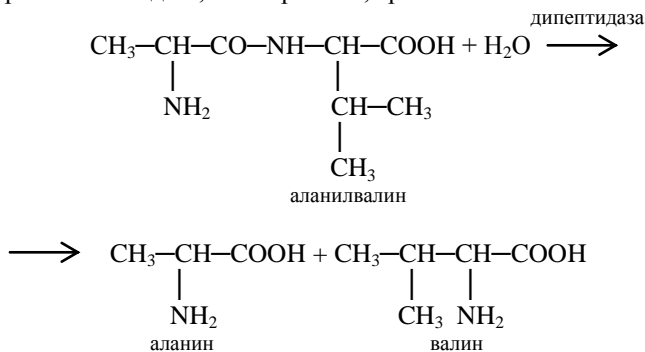




1.3.2. Гликозидазы – расщепляют гликозидные связи в молекулах поли- и олигосахаридов. Пример: амилаза, сахараза, мальтаза.

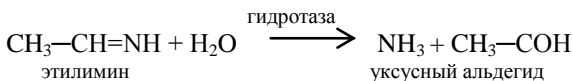


1.3.3. Пептидазы – катализируют гидролиз пептидных связей. Пример: карбоксипептидаза, химотрипсин, трипсин.



1.3.4. Амидазы – расщепляют амидные связи (CO-NH₂). Пример: аргиназа (цикл мочевины).





1.4. **Лиазы** – катализируют реакции расщепления молекул без присоединения воды. Эти ферменты имеют небелковую часть в виде тиаминпирофосфата (В₁) и пиридоксальфосфата (В₆).

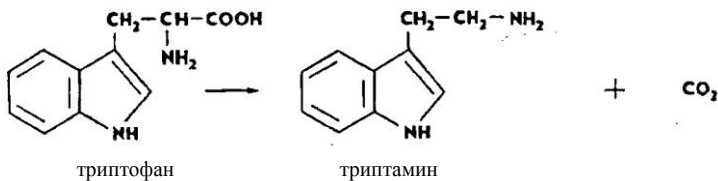
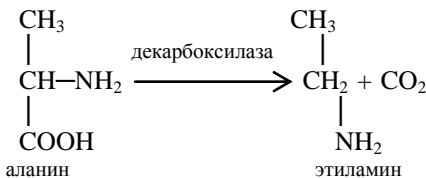
Лиазы отщепляют группы от субстратов по негидролитическому (без участия воды) механизму с образованием двойных связей. Фермент действует на связи С–С, С–галоген и т. д. Например, L-малат ↔ фумарат + H₂O.

1.4.1. Декарбоксилазы и др. Пример: пируватдекарбоксилаза.

1.4.2. Лиазы связи (гидратазы–дегидратазы) С–О. Пример: енолаза.

1.4.3. Лиазы связи С–N.

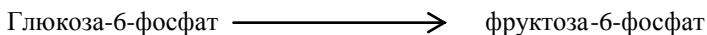
1.4.4. Лиазы связи С–S.



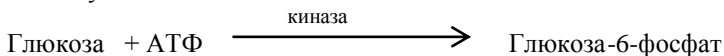
1.5. **Изомеразы** катализируют различные типы оптических, геометрических и позиционных изомеров (цис, транс). К классу относят мутазы, рацемазы, эпимеразы.

Пример: фосфопентозоизомераза, пентозофосфатизомераза (ферменты неокислительной ветви пентозофосфатного пути).

изомераза



1.6. *Лигазы* катализируют соединения двух молекул, сопряженное с разрывом пирофосфатной связи АТФ или другого макроэргического соединения. Например, $\text{АТФ} + \text{L-глутамат} + \text{NH}_4 \leftrightarrow \text{АДФ} + \text{ортофосфат} + \text{L-глутамин}$.



Предложено новое определение международной единицы фермента – катал (кат), соответствующее количеству фермента, способному вызывать превращение 1 моля субстрата в продукт за 1 с.

Задание 17. Классификация гормонов по химической природе.

Ответ. По химической природе гормоны делятся на белковые, стероидные (или липидные) и производные аминокислот.

Белковые гормоны подразделяют на пептидные: АКТГ, соматотропный (СТГ), меланоцитостимулирующий (МСГ), пролактин, паратгормон, кальцитонин, инсулин, глюкагон, и протеидные глюкотеиды: тиротропный (ТТГ), фолликулостимулирующий (ФСГ), лютеинизирующий (ЛГ), тироглобулин. Гипофизотропные гормоны и гормоны желудочно-кишечного тракта принадлежат к олигопептидам, или малым пептидам.

К стероидным (липидным) гормонам относятся кортикостерон, кортизол, альдостерон, прогестерон, эстрадиол, эстриол, тестостерон, которые секретируются корой надпочечника и половыми железами. К этой группе можно отнести и стеролы витамина D – кальцитриол. Производные арахидоновой кислоты являются, как уже указывалось, простагландинами и относятся к группе эйкозаноидов.

Адреналин и норадреналин, синтезируемые в мозговом слое надпочечника и других хромаффинных клетках, а также тиреоидные гормоны являются производными аминокислоты тирозина. Белковые гормоны гидрофильны и могут переноситься кровью как в свободном, так и в частично связанном с белками крови состоянии. Стероидные и тиреоидные гормоны липофильны (гидрофобны), отличаются небольшой растворимостью, основное их количество циркулирует в крови в связанном с белками состоянии.

Гормоны осуществляют свое биологическое действие, комплексируясь с рецепторами информационными молекулами, трансформирующими гормональный сигнал в гормональное действие. Большинство гормонов взаимодействует с рецепторами, расположенными на

плазматических мембранах клеток, а остальные гормоны – с рецепторами, локализованными внутриклеточно, т. е. с цитоплазматическими и ядерными эффектами.

Задание 18. Варианты действия гормонов.

Ответ. В настоящее время различают следующие варианты действия гормонов:

1) гормональное, или гемокринное, т. е. действие на значительном удалении от места образования;

2) изокринное, или местное, когда химическое вещество, синтезированное в одной клетке, оказывает действие на клетку, находящуюся в тесном контакте с первой, и высвобождение этого вещества осуществляется в межклеточную жидкость и кровь;

3) нейрокринное, или нейроэндокринное (синаптическое и несинаптическое), действие, когда гормон, высвобождаясь из нервных окончаний, выполняет функцию нейротрансмиттера или нейромодулятора, т. е. вещества, изменяющего (обычно усиливающего) действие нейротрансмиттера;

4) паракринное действие (разновидность изокринного действия, но при этом гормон, образующийся в одной клетке, поступает в межклеточную жидкость и влияет на ряд клеток, расположенных в непосредственной близости);

5) юкстакринное действие (разновидность паракринного действия, когда гормон не попадает в межклеточную жидкость, а сигнал передается через плазматическую мембрану рядом расположенной другой клетки);

6) аутокринное действие, когда высвобождающийся из клетки гормон оказывает влияние на ту же клетку, изменяя ее функциональную активность;

7) солинокринное действие, когда гормон из одной клетки поступает в просвет протока и достигает таким образом другой клетки, оказывая на нее специфическое воздействие (например, некоторые желудочно-кишечные гормоны).

Синтез белковых гормонов, как и других белков, находится под генетическим контролем, и типичные клетки млекопитающих экспрессируют гены, которые кодируют от 5000 до 10 000 различных белков, а некоторые высокодифференцированные клетки до 50 000 белков. Любой синтез белка начинается с транспозиции сегментов ДНК, затем транскрипции, посттранскрипционного процессинга, трансляции, посттрансляционного процессинга и модификации. Многие полипептид-

ные гормоны синтезируются в форме больших предшественников-прогормонов (проинсулин, проглюкагон, проопиомеланокортин и др.). Конверсия прогормонов в гормоны осуществляется в аппарате Гольджи.

Задание 19. Обмен углеводов в организме животных.

Ответ. Основным источником энергии для организма являются углеводы, они покрывают его потребности на 60–70 %. Источником углеводов для организма служат растительные ткани, содержащие до 90 % углеводов от сухого вещества, и в меньшей степени животные ткани, содержащие до 2 % углеводов от сухого вещества.

Превращение углеводов в организме начинается с процессов переваривания. Углеводы кормов (полисахариды и дисахариды) подвергаются в желудочно-кишечном тракте расщеплению до моносахаридов и только в таком виде всасываются в кровь и используются организмом. У животных с многокамерным желудком образующиеся моносахариды (глюкоза) под действием ферментов микроорганизмов подвергаются процессам различного вида брожения, и только часть поступает в кровь. Основными продуктами сбраживания глюкозы являются низкомолекулярные жирные кислоты, которые за свою летучесть при нагревании названы летучими жирными кислотами (ЛЖК). Тканевый обмен поступивших в организм моносахаридов (в основном глюкозы) включает в себя реакции синтеза (гликогена, лактозы и т. д.) и реакции окисления углеводов до углекислого газа и воды с выделением энергии. Окисление углеводов происходит поэтапно, сначала в анаэробных условиях (гликолиз), затем в аэробных условиях (цикл трикарбоновых кислот, пентозофосфатный путь), поставляя организму энергию и промежуточные вещества окисления (метаболиты) для синтеза собственных веществ. Контролируют тканевый обмен углеводов в основном гормоны поджелудочной железы (инсулин и глюкагон) и мозгового слоя надпочечников (адреналин и норадреналин).

Судить об изменениях, возникающих в организме при нарушении обмена углеводов, можно по содержанию глюкозы в крови. В норме концентрация сахара (глюкозы) в крови – показатель относительно постоянный и зависит от вида животного. Для большинства сельскохозяйственных животных содержание глюкозы находится в пределах 60–100 мг% (3,3–5,5 ммоль/л). Для КРС этот показатель составляет 46,0–54,0 мг% в связи с поступлением в кровь не глюкозы, а ЛЖК, кур – 130–260 мг%, рыб – 40–60 мг%. Коэффициент пересчета в ммоль/л – 0,0055. Снижение уровня сахара в крови (гипогликемия) наблюдается при углеводном голодании, заболеваниях печени, почек, отравлении

бензолом, хлороформом, фосфором и его солями, при гиперфункции поджелудочной железы, заболевании лейкозом, ацетонемии, диспепсии. Повышение сахара в крови (гипергликемия) имеет место при обильном кормлении углеводистыми кормами, гиперфункции щитовидной железы, коры надпочечников, гипопиза, при панкреатитах и сопровождается гликозурией (выделением сахара с мочой).

Задание 20. Напишите уравнения реакций превращения аденина и гуанина в организме животных.

Ответ. Нуклеотиды принадлежат к наиболее сложным метаболитам. Их биосинтез требует много времени и высоких затрат энергии. Поэтому понятно, что нуклеотиды не полностью разрушаются, а по большей части снова участвуют в синтезе. Прежде всего, это относится к пуриновым основаниям – аденину и гуанину. В организме высших животных около 90 % пуриновых оснований снова превращаются в нуклеозидмонофосфаты, связываясь с фосфорибозилдифосфатом. Участие пиримидиновых оснований в ресинтезе весьма незначительно.

Распад пуринов и пиримидинов протекает различными путями. В организме животных, птиц и рыб пурины распадаются до мочевой кислоты и в такой форме выводятся с мочой. Пуриновое кольцо при этом остается незатронутым. Напротив, кольцо пиримидиновых оснований (урацила, тимина и цитозина) разрушается до небольших фрагментов, которые снова включаются в метаболизм или могут выводиться из организма.

Гуанозинмонофосфат (ГМФ (GMP)) распадается в две стадии до гуанозина, а затем – до гуанина (Gua). Гуанин дезаминируется с образованием другого пуринового основания – ксантина. В наиболее важном пути распада аденозинмонофосфата (АМФ (AMP)) нуклеотид дезаминируется с образованием инозинмонофосфата (ИМФ (IMP)). Из ИМФ, аналогично распаду ГМФ, образуется пуриновое основание гипоксантин. Один и тот же фермент, ксантинооксидаза, превращает гипоксантин в ксантин, а ксантин – в мочевую кислоту. На каждой из этих стадий реакции в субстрат вводится оксогруппа окислением молекулярным кислородом. В качестве другого продукта реакции образуется токсичный пероксид водорода (H_2O_2), который удаляется пероксидазами.

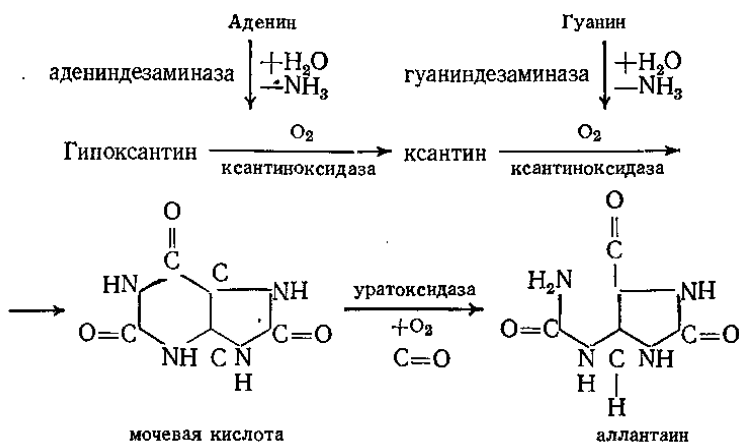
У большинства млекопитающих мочевая кислота разрушается в результате раскрытия кольца под действием уриказы с последующим выведением из организма образующегося аллантиина. В организме приматов, в том числе человека, аллантиин не образуется, а конечным

продуктом катаболизма пуринов является мочевая кислота (как у птиц и многих рептилий). У большинства других животных деградация пуринов приводит к образованию аллантииновой кислоты, мочевины и гликоксилата.

В составе кормов нуклеиновые кислоты расщепляются в двенадцатиперстной кишке под воздействием ферментов поджелудочной железы – нуклеаз. Рибонуклеаза гидролизует только РНК, отделяя пиримидиновые мононуклеотиды и олигонуклеотиды, имеющие на 3-конце пиримидиновые нуклеотиды с фосфатной группой у 3-гидроксильной группы.

Для активации дезоксирибонуклеазы требуются Mg^{2+} и Mn^{2+} , и они гидролизуют ДНК до олигонуклеотидов. Диэстеразы слизистой оболочки кишечника гидролизуют олигонуклеотиды до мононуклеотидов.

Распад аденина и гуанина



Из представленной схемы видно, что пуриновое кольцо расщепляется не полностью. Адениндезаминаза и гуаниндезаминаза – специфические ферменты, гидролизующие аденин на гипоксантин и аммиак, а гуанин – на ксантин и аммиак. Гипоксантин и ксантин под действием флавинового фермента ксантинооксидазы подвергаются дальнейшему окислению до мочевой кислоты. Мочевая кислота у птицы, человека и других приматов является конечным продуктом обмена, а у млекопитающих под действием фермента уратоксидазы мочевая кислота под-

вергается дальнейшему окислению до аллонтаина. Некоторые животные, например долматские собаки, хотя и имеют уратоксидазу в печени, но из-за отсутствия реабсорбции мочевой кислоты почками выделяют ее с мочой. Свиньи содержат недостаточно активную гуанин-дезаминазу и поэтому выделяют в качестве конечных продуктов пуринового обмена наряду с аллонтаином и гуанин. Описаны случаи заболевания свиней гуаниновой подагрой, обусловленной отложением гуаниновых кристаллов в суставах.

Нуклеотиды подвергаются дальнейшему гидролизу кишечными фосфатазами и нуклеотидазами до нуклеозидов и свободного фосфора. В кишечнике нуклеозиды не подвергаются дальнейшему гидролизу и всасываются в неизменном виде. N-гликозидная связь нуклеозидов расщепляется нуклеозидазами селезенки, печени, почек и костного мозга. В результате гидролиза освобождаются пуриновые и пиримидиновые основания, а рибоза и дезоксирибоза подвергаются дальнейшему окислению. Пентозы окисляются так же, как и углеводы.

Задание 21. Биологическая сущность обмена белков.

Ответ. Белки являются основной составной частью протоплазмы. Обмен белков в общем обмене веществ занимает ведущее место. Белки обеспечивают воспроизводство основных структурных элементов клеток, тканей и органов, выполняют регуляторную, каталитическую, транспортную, защитную и энергетическую функции.

Питательная ценность белка для животных организмов определяется аминокислотным составом. Белок считается полноценным, если содержит все жизненно важные аминокислоты (незаменимые). Одного грамма такого белка достаточно для восстановления одного грамма тканевого белка.

Белок, поступая в составе пищи в организм, расщепляется в ЖКТ при участии группы протеолитических ферментов до смеси аминокислот. Аминокислоты всасываются и поступают вначале в печень. Часть аминокислот используется клетками печени для синтеза различных белков, а также превращения в гликоген (гликогенные кислоты) и липиды. Часть аминокислот разносится кровью дальше к различным органам и тканям и используется для синтеза специфических тканевых белков. Только незначительная часть аминокислот используется как энергетический материал.

Тканевое превращение аминокислот включает синтез заменимых аминокислот (в реакциях восстановительного аминирования и переаминирования), а из них далее пептидов и белков организма и расщеп-

ление аминокислот, образовавшихся в результате гидролиза устаревших биомолекул белка. Окисление аминокислот происходит вначале в реакциях декарбоксилирования и дезаминирования и заканчивается в цикле трикарбоновых кислот. В процессе декарбоксилирования образуются биогенные амины – вещества, обладающие сильным физиологическим действием. Поэтому тканевое декарбоксилирование аминокислот носит избирательный характер. Конечными продуктами распада аминокислот в организме являются аммиак, мочевиная кислота, мочевина, углекислый газ и вода.

Задание 22. Роль желчи в пищеварении.

Ответ. Желчь является секретом печеночных клеток и представляет собой жидкость с удельным весом 1,008–1,015 и щелочной реакцией рН 7,3–8,0. В ее состав входят минеральные вещества, желчные кислоты, пигменты, холестерин, муцин, фосфолипиды, жирные и нейтральные кислоты, витамины А, В, С и некоторые ферменты (амилаза, фосфатаза, протеаза, каталаза, оксидаза), аминокислоты, глюкопротеиды и ряд других веществ. Основными компонентами желчи являются желчные кислоты, пигменты и холестерин. Желчные кислоты являются оксипроизводными холановой кислоты, предшественником которой является холестерин.

В процессах пищеварения желчь эмульгирует жиры. Образование тонкой эмульсии увеличивает площадь соприкосновения фермента и субстрата, что делает триацилглицерин более доступными для действия липаз. Желчные кислоты образуют с длинноцепочными жирными кислотами три-, ди- и моноацилглицеринами водорастворимые комплексы, что способствует их всасыванию и стимулирует ресинтез жира в слизистой кишечника. Считается, что для всасывания одной жирной кислоты требуется от 2 до 4 желчных кислот.

Желчные кислоты активируют липазу и способствуют всасыванию каротинов, витаминов Е, Д, К, аминокислот, холестерина животного происхождения, солей кальция. Желчные кислоты нейтрализуют пепсин путем его осаждения, предохраняя трипсин от расщепления, усиливают перистальтику кишечника и отделение панкреатического сока, активируют деятельность некоторых протеаз. Желчь оказывает бактерицидное действие на кишечную микрофлору, предупреждая развитие гнилостных процессов. В ее составе удаляются из организма некоторые яды, продукты расщепления гема (билирубин, биливердин), холестерин, соли железа и кальция.

У рыб (щука, налим, окунь, плотва, лещ, карп, сиг и др.), обитающих в водоемах разного типа, преобладают в составе желчи холевая ($C_{23}H_{36}(OH)_3-COOH$) и хенодезоксихолевая кислоты, связанные с таурином. У карповых обнаружены желчные спирты, однако доминирующим компонентом является холевая кислота. Хищные рыбы имеют более высокое относительное содержание холевой кислоты (80–90 %) по сравнению с рыбами, питающимися планктонными организмами (70–80 %). Желчеотделение у рыб происходит непрерывно, независимо от наличия в кишечнике пищи и не прекращается даже при голодании.

Задание 23. Особенности переваривания углеводов в кишечнике рыб.

Ответ. Углеводы корма практически без изменений переходят из желудка в тонкий отдел кишечника. У безжелудочных рыб углеводы пищи через короткий пищевод сразу попадают в кишечник. В просвет кишечника изливаются кишечный и панкреатический соки, в составе которых обнаруживают до 22 ферментов, участвующих в переваривании белков, липидов, углеводов. У рыб кишечный сок выделяется эпителиоцитами слизистой оболочки всех отделов кишечника. Плотная часть кишечного сока представлена в основном отторгнутыми эпителиальными клетками, которые содержат основную массу пищеварительных ферментов и служат источником эндогенного питания, компенсируя недостаточное поступление с пищей органических веществ. Жидкая часть кишечного сока (вода и электролиты) способствует разжижению содержимого кишечника и созданию щелочной среды, наиболее оптимальной для ферментов кишечного сока и поджелудочной железы.

У рыб основное переваривание пищевых веществ, в том числе и углеводов, происходит за счет ферментов, выделяемых панкреатической железой. Панкреатическая железа может не иметь строгой локализации и выделять сок через самостоятельный проток или совместно с желчью. Это бесцветная слабощелочная жидкость (рН 7,3–8,7). Ферменты кишечного и панкреатического соков проявляют максимальную активность в пределах рН 6,0–7,5. У желудочных рыб рН кишечного содержимого составляет 6,4–7,3, у безжелудочных – 7,0–8,6. Необходимые значения реакции среды достигаются наличием в выделяемых соках бикарбонатов и слизи кишечного канала. Ферменты, участвующие в гидролизе углеводов, представлены глюкозидазами (карбогидразами), основными из которых являются амилазы (α -, β -, γ - амилазы),

мальтаза, сахараза, трегалаза, фосфатаза. У некоторых рыб обнаружена в незначительном количестве лактаза.

Гидролиз полисахаридов гликогена и крахмала протекает при участии четырех видов амилаз: α -амилазы, β -амилазы, γ -амилазы и глюкоамилазы; α - и β -амилазы осуществляют гидролиз крахмала и гликогена преимущественно по α (1–4)-связи до дисахарида мальтозы, глюкоамилаза по α (1–6)-связи до глюкозы, γ -амилаза (собственно кишечный фермент) последовательно отщепляет остатки глюкозы с концов олиго- и полисахаридов. В результате действия амилаз образуются промежуточные продукты гидролиза крахмала – декстрины ($C_6H_{10}O_5$)_x. В зависимости от величины остатков амилозных цепей выделяют амило-, эритро-, хро- и мальтодекстрины. При образовании последних включается в работу фермент мальтаза и гидролизует мальтозу до двух молекул α -D-глюкозы. По такой же схеме протекает гидролиз гликогена.

В кишечнике рыб обнаружены олигазы: сахараза (инвертаза), лактаза (галактозидаза) и трегалаза. В пищеварении рыб сахараза и лактаза не играют такой роли, как у теплокровных, их немного, и они малоактивны. У карповых сахараза не обнаружена. Расщепление сахарозы может осуществляться более активной мальтазой (α -гликозидазой). Разрыв гликозидазной связи при участии мальтазы идет со стороны остатка α -глюкозы, сахараза осуществляет разрыв со стороны β -фруктозы. Из олигаз наиболее активна трегалаза, расщепляющая дисахарид трегалозу. В некоторых видах водорослей содержание трегалозы может достигать 10–15 % от сухого вещества.

У растительноядных рыб количество и активность амилолитических ферментов выше, чем у хищных. Например, у карпа амилаза в 1000 раз более активна, чем у щуки. Рыбы сильно различаются между собой по гликолитической активности кишечника, т. е. по количеству выделяемых пищеварительными железами амилазы и глюкозидаз. Полисахариды хорошо перевариваются такими растительноядными рыбами, как толстолобик, амур, тиляпия. Карпы усваивают крахмал значительно хуже. Их пища не должна содержать более 15–20 % крахмала. При избыточном содержании его в пищевом рационе наблюдается расстройство пищеварения и в результате резко замедляется рост рыбы. Использование длительных протеиновых диет у растительноядных рыб изменяет реакцию среды кишечного содержимого в кислую сторону и тем самым снижает активность амилолитических ферментов, повышая активность протеолитических ферментов. Одновременно

происходит снижение доли амилалитических ферментов в пищеварительных соках.

Задание 24. Переваривание липидов у рыб.

Ответ. Наряду с естественными кормами в рыбоводстве используют искусственно составленные кормовые смеси, включающие определенное количество животных кормов с преобладанием в них насыщенных и моноеновых кислот (18:1) и растительных, где в основном доминирует линолевая кислота. В качестве добавки в искусственные кормовые смеси вводят фосфолипиды, содержащие более 60 % линолевой кислоты (кровяная, водорослевая мука). Универсальных рекомендаций по оптимальному содержанию жиров для рыб нет. Считается, что жиров в питании различных видов рыб должно быть не менее 7,5 % от всех питательных веществ в возрасте до 1 года и не менее 4 % старше 1 года. Максимальное количество вводимого жира может достигать 25 %. Вводя жиры в рацион рыб, необходимо учитывать связь между количеством белка и жира. Чем больше белка, тем больше должно быть жира. Связано это с тем, что у рыб тканевое превращение углеводов и белков в резервные жиры тела происходит в значительно меньшей степени, чем у теплокровных животных. Поэтому жиры корма выступают как единственный источник в биосинтезе запасных жиров. Кроме того, жиры пищи в процессе пищеварения растворяют жирорастворимые витамины и способствуют их всасыванию в лимфу и кровь.

С пищей в организм поступают в основном триацилглицерины (триглицерины, или жиры), в меньшей степени – фосфолипиды, воска, стероиды. Рыбы всех видов независимо от состава корма способны переваривать липиды и, прежде всего, жиры. Гидролиз жиров и всасывание продуктов гидролиза у рыб и млекопитающих осуществляется по общему типу. Попадая в желудочно-кишечный тракт, липиды при участии эстераз желудочного, панкреатического и кишечного соков подвергаются гидролизу до высших жирных кислот, глицерина, холестерина, высших одноатомных спиртов.

У некоторых видов рыб, как и у теплокровных, обнаружена желудочная липаза, способная гидролизовать связи предварительно эмульгированных жиров. Доля желудочного переваривания жиров не превышает 3–10 %, и участие этого фермента в пищеварении рыб мало изучено. Основное расщепление жиров пищи (90–95 %) происходит в тонком отделе кишечника. Вначале отщепляется одна из крайних кислот и образуется диацилглицерин, затем отщепляется вторая крайняя

кислота с образованием моноацилглицерина. Связи 1 и 3 гидролизуются быстро, а затем идет медленно гидролиз 2-моноацилглицерина. Гидролиз связей 1 и 3 осуществляют более активные панкреатические липазы (рН 7,0–9,0). Панкреатическая липаза выделяется в неактивной форме. В активное состояние она переходит при участии желчных кислот и проявляет специфичность в отношении гидролизуемых связей. Активность липаз у рыб примерно в тысячу раз ниже, чем у теплокровных, но при этом панкреатическая липаза примерно в 20 раз активнее кишечной. Панкреатические липазы преимущественно действуют на длинноцепочные триацилглицерины (C_{12} – C_{18}) и обладают более выраженным сродством с насыщенными жирными кислотами, чем с ненасыщенными. Основными продуктами гидролиза жира при участии панкреатических липаз являются диацилглицерины. Заключительные стадии гидролиза осуществляют кишечные липазы (рН 7,0–9,0) на мембранах эпителиоцитов тонкого кишечника. Они проявляют более высокую активность в отношении триглицеридов, содержащих остатки короткоцепочных жирных кислот (C_4 – C_6) и моноглицеридов, вообще не требующих эмульгирования.

Задание 25. Обмен минеральных веществ.

Ответ. В организме животных и сельскохозяйственной птицы содержится до 70 химических элементов, что составляет 2–5 % от массы тела. Поступают они в организм в составе пищи и потребляемых жидкостей. В процессе пищеварения минеральные вещества усваиваются в основном в тонком отделе кишечника, часть может всасываться в желудке (преджелудках) и толстом отделе кишечника. Путем пассивной диффузии всасывается небольшая доля ионов, основная масса солей в виде ионов и катионов переносится активно с затратой энергии и контролируется нейрогуморальным путем.

В организме минеральные вещества избирательно откладываются в различных органах и тканях и извлекаются по мере необходимости, благодаря чему регулируется и поддерживается относительно постоянный состав тканей и жидкостей организма. Так, в костной ткани сосредоточено до 99 % всех минеральных веществ организма, прежде всего это катионы кальция и магния в виде апатитов, фосфатов, карбонатов, а также фтор, стронций, цезий, алюминий, свинец, олово и другие микроэлементы. В печени концентрируется железо, медь, кобальт, марганец, никель, молибден, селен. Кожа и мышцы накапливают натрий и калий.

В зависимости от содержания в организме различают группу макроэлементов и микроэлементов. К макроэлементам относят элементы, содержание которых превышает сотые доли процента (фосфор, кальций, калий, магний, сера, хлор, натрий). Содержание микроэлементов в организме исчисляется тысячными и десятитысячными долями процентов (железо, кобальт, цинк, марганец, йод, бром, никель и др.). Как правило, в организме больше тех элементов, которые образуют в воде растворимые соединения, чем тех, которые не образуют в воде растворимых соединений.

Минеральные вещества присутствуют в организме в различных формах:

1) прочно связанные с органическими веществами (S – в составе белка, P – в нуклеиновых кислотах, Fe – в гемоглобине, Zn и Cu – в молекулах ферментов);

2) в форме нерастворимых отложений (Ca и P в костной ткани);

3) в растворенном состоянии в биологических жидкостях и цитозоле клеток (катионы K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , анионы Cl^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-}).

Основная роль минеральных веществ в организме заключается в регуляции кислотно-щелочного равновесия, проницаемости мембран, поддержании на постоянном уровне осмотического давления клеток, крови, лимфы. Минеральные вещества участвуют в построении и формировании молекул белка и других соединений, изменяют активность ферментов, отвечают за передачу нервного импульса.

Характерной особенностью обмена минеральных элементов является антагонизм, синергизм их действия и взаимозаменяемость. Так, там, где ионы K^+ , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} выступают активаторами ферментов, ионы Na^+ , Ca^{2+} , Zn^{2+} , Cu соответственно – ингибиторами. Изменения степени окисления элемента в процессе его обмена сопровождается резкой сменой его физиологической активности. Так, Cr^{2+} стимулирует белковый, углеводный и жировой обмен в организме, а Cr^{6+} блокирует окислительное фосфорилирование. Всасывание Fe^{2+} происходит легче, чем Fe^{3+} .

Минеральные вещества в организме, как и все другие вещества, постоянно обновляются, часть выводится в составе продукции (с 1 л молока выводится 1 г Ca, с одним яйцом весом 56 г выводится 2 г кальция и 0,12 г фосфора). Для организма важно не только количество поступающих отдельных химических элементов, но и их соотношения (кальций и фосфор – 2:1, натрий, калий и кальций – 1:1:1,5). Нарушение поступления количества и соотношения отдельных элементов в

кормах приведет к дисбалансу этих элементов в организме и проявится различными заболеваниями.

Задание 26. Биохимия крови.

Ответ. Химический состав биологических жидкостей и, прежде всего, крови является относительно постоянным для одного вида животных. В организме в результате обмена веществ непрерывно расходуются одни и накапливаются другие вещества, поэтому постоянство состава крови (гомеостаз) может меняться в зависимости от типа кормления, возраста и физиологического состояния организма. Биохимические исследования концентрации компонентов крови позволяют судить о течении обменных процессов в организме. Обнаружение патологических отклонений с помощью лабораторно-биохимических исследований происходит путем сравнения величин, характерных для здорового и больного животного. Областью нормальных значений (физиологической нормой), считают обычно значения, полученные при обследовании группы здоровых животных в строго определенных условиях. Область наиболее вероятных значений исследуемых компонентов крови (или другой биологической жидкости, ткани), характерных для данного вида животных, оформляют как справочный материал и используют как эталон при объективной характеристике физиологических состояний организма. Для правильной оценки биохимических результатов следует учитывать ряд факторов: биохимическую индивидуальность исследуемого организма и данного вида в целом, условия взятия и хранения пробы, выбор метода исследования.

Для большинства сельскохозяйственных животных плотность крови колеблется в пределах 1,050–1,060. Плотность форменных элементов (1,090) выше, чем плазмы (1,025–1,030), что объясняет выпадение их в осадок при стоянии крови (СОЭ). Вязкость крови в 4,5–6,0 раз, а сыворотки в 1,5–2,0 раза выше, чем вязкость воды. Осмотическое давление крови обусловлено поступлением и удалением из нее воды и электронов и находится в пределах 0,697–0,793 МПа. Концентрация водородных ионов (рН) лежит в пределах 7,29–7,52 и обеспечивается буферными системами крови. Концентрация сахара (глюкозы) крови находится в пределах 1,32–5,50 ммоль/л, белков – 62,0–81,0 г/л, липидов 1,5–12,0 г/л, кальция – 1,25–3,50 ммоль/л, фосфора 0,50–3,42 ммоль/л.

Задание 27. Общая биохимия мочи.

Ответ. Основной жизненно важной функцией почек является образование мочи. Моча – это биологическая жидкость, образующаяся в результате работы почечных структурных единиц – нефронов.

На первом этапе в нефронах вначале формируется первичная моча. Она содержит в основном воду и низкомолекулярные компоненты плазмы крови: 99 % ультрафильтрата крови затем реабсорбируется в проксимальных канальцах нефрона, в основном это ионы Na^+ , Cl^- , Cu^{2+} , Mg^{2+} , вода, фосфаты неорганические, глюкоза, аминокислоты, белки. Причем глюкоза и белки реабсорбируются почти полностью, аминокислоты – на 99 %, вода – на 96 %, остальные вещества – более чем наполовину. Формирование вторичной мочи происходит в дистальных канальцах и собирательных трубках. Суточный объем мочи зависит от вида, возраста, физиологического состояния организма, количества потребленной воды и состава корма, породы и других факторов. Среднесуточный объем мочи у сельскохозяйственных животных находится в пределах от 0,1–0,4 л у кроликов до 6–23 л у КРС.

В составе мочи из организма удаляется избыток воды, конечные продукты тканевого обмена, осмотически активные вещества, яды, медпрепараты и продукты их обезвреживания.

Выделение мочи является одним из важнейших механизмов поддержания гомеостаза, исследование ее состава дает информацию об общем состоянии организма. Нарушение обмена веществ сопровождается изменением химического состава крови, в свою очередь, химический состав мочи отражает даже незначительные сдвиги в химизме крови, что позволяет диагностировать заболевание и контролировать эффективность лечения и кормления животных.

Задание 28. Переваривание белков в желудочно-кишечном тракте свиней.

Ответ. Однокамерный желудок, а также сычуг у животных с многокамерным желудком обладают сложной секреторной деятельностью. Слизистая оболочка желудка снабжена большим количеством желез, выделяющих желудочный сок. В фундальных железах дна желудка различают три рода клеток: главные, обкладочные и добавочные. Главные клетки вырабатывают ферменты, обкладочные – соляную кислоту, добавочные – слизь, содержащую мукоид.

Вся поверхность слизистой желудка покрыта толстым слоем слизистого мукоида, который облегчает передвижение и перемешивание кормовой массы и предохраняет слизистую от повреждения грубыми частицами корма и вредными веществами.

Желудочный сок – это сложная по составу биологическая жидкость, содержащая большое количество соляной кислоты, в связи с чем сок имеет очень кислую реакцию (рН 0,9–2,5). Это самая кислая биологическая среда в организме.

Количество выделяемого желудочного сока за сутки составляет: у крупного рогатого скота – 30 л, овцы, свиньи – 4, лошади – 20, собаки – 2–3 л. Желудочный сок содержит около 0,5 % сухих веществ, которые представлены органическими и неорганическими веществами. Органические вещества представлены белками, сывороточными глобулинами и альбуминами, муцином, ферментами. Основными протеолитическими ферментами желудочного сока являются пепсин, химозин, катепсин. В желудочном соке присутствуют кислоты (основные – это соляная и молочная), соли (Na, K, Ca, Mg и др.).

Роль соляной кислоты в желудочном соке весьма разнообразна:

- она способствует набуханию белков, т. е. увеличивает объем и облегчает этим действие протеолитических ферментов;
- обладает бактерицидным действием – разрушает бактерии и прерывает этим гнилостные и бродильные процессы;
- создает благоприятные условия реакции среды для действия пепсина, так как при рН 5–6 пепсин теряет активность;
- активизирует пепсиноген, превращая его в активную форму – пепсин.

Переваривание белков в желудке свиньи начинается с действия пепсина. Это однокомпонентный фермент альбуминовой природы. Пепсин вырабатывается главными клетками в неактивном состоянии в виде зимогена, называемого пепсиногеном. Под влиянием соляной кислоты он превращается в активный пепсин. Сущность реакции превращения пепсиногена в пепсин сводится к отщеплению от пепсина парализатора. Молекулярный вес пепсиногена составляет 42000, пепсина – 35000.

Действию пепсина поддаются почти все белки, но интенсивность его воздействия неодинакова. Трудно перевариваются под действием пепсина белки соединительной ткани коллаген и эластин, а кератины, муцин, мукоиды совсем не перевариваются. Это очень важно для предохранения стенок желудка от переваривания. При действии пепсина на белок происходит гидролитическое расщепление пептидных связей –NH–CO–, довольно далеко расположенных от концов полипептидной цепи. Опытами установлено, что пепсин катализирует расщепление пептидных связей между ароматическими аминокислотами (тирозином

или фенилаланином) с одной стороны и дикарбоновыми кислотами (аспарагиновой или глутаминовой) – с другой. Продукты расщепления белковой молекулы под действием пепсина получили название альбумозы и пептоны.

Говоря о переваривании белков в желудке свиней, следует отметить особенности этих процессов у поросят-сосунов. Концентрация и активность многих пищеварительных ферментов у молодых поросят до пятинедельного возраста отличается от таковой у взрослых свиней. Так, активность пепсина при рождении низка и заметно увеличивается к трехнедельному возрасту. Это объясняется тем, что у только что родившихся поросят нет свободной соляной кислоты в желудке, она начинает появляться с третьей декады их жизни. К моменту отъема активность пепсина почти такая же, как у взрослых свиней. Поэтому у поросят и у молодняка других видов скота вместо пепсина действует другой фермент желудочного сока – катепсин. Он гидролизует белки (в основном молока) до высокомолекулярных пептидов при pH 4,0–5,0. У взрослых животных катепсин мало активен. По-видимому, катепсин имеет значение в начальные периоды жизни животных, когда действие пепсина проявляется еще не в полной мере и реакция сока менее кислая.

В результате расщепления белков в желудочно-кишечном тракте образуются аминокислоты, которые и всасываются в кровь, всасывается и некоторая часть полипептидов. Всосавшиеся аминокислоты через воротную вену поступают в печень, здесь из них синтезируются плазменные белки (альбумины, глобулины, фибриноген), а большая часть аминокислот, проходя через печень, поступает в общий круговорот крови и используется в тканях для синтеза клеточного белка, белков молока, яиц, шерсти, ферментов. Аминокислоты также используются для обновления клеточных белков, т. е. замены некоторой части старых клеточных белков новыми.

При недостатке белков в кормах или при нарушении белкового обмена снижается функция ферментов, секреция эндокринных желез, нарушаются биохимические комплексы белков с витаминами и др.