**Содержание**

Введение

Биологическая роль углеводов

Действие ферментов пищеварительного тракта на углеводы

Гидролиз целлюлозы (клетчатки)

Всасывание продуктов распада углеводов

Анаэробное расщепление углеводов

Гликолиз:

А) Баланс гликолиза

Б) Суммарная реакция гликолиза

Пентозофосфатный (апотомический) путь окисления углеводов

Биосинтез углеводов

Патология углеводного обмена

Список использованной литературы

**Введение**

Углеводы, класс органических веществ, которые характеризуются тем, что при одной альдегидной или кетонной группе имеют несколько спиртовых групп (альдегидополиспирты или кетополиспирты)

**Биологическая роль углеводов**

В организме человека и животных углеводы выполняют следующие функции:

1. Являются легкоусвояемыми энергетическими веществами: глюкоза, фруктоза, галактоза, которые расщепляясь быстро выделяют энергию.

2. Углеводы – основное кормовое средство для животных. Составляют 60-70% рациона.

3. Углеводы являются резервными энергетическими веществами: гликоген у животных, крахмал у растений.

4. Углеводы выполняют структурообразующую функцию – из клетчатки построен скелет растений. В организме человека и животного структурную функцию выполняют гетерополисахариды: гликопротеиды, гликолипиды; они участвуют в образовании клеточных оболочек – мембран, а мукополисахриды покрывают клетки пищеварительного тракта, защищая от инфекции, то есть выполняют защитные функции.

Благодаря углеводам живые организмы косвенно усваивают энергию солнечного света. Ежегодно в мире синтезируется 1011 тонн углеводов.

Обмен липидов включает следующие процессы: гидролиз сложных углеводов в пищеварительном тракте, всасывание моносахаридов в кишечнике и транспорт их к тканям; расщепление и синтез сахаров в клетках тканей; выведение конечных продуктов (метаболитов) из организма.

Катаболизм углеводов обеспечивает организм энергией и углеводородными компонентами, необходимыми дл построения других органических веществ. При анаболизме (биосинтезе) образуются резервные углеводы (гликоген) и легкоусвояемые углеводы (глюкоза), а также гетерополисахариды, выполняющие структурные, защитные и другие функции в организме животных. Кроме того, промежуточные продукты обмена углеводов (s-фосфоглицериновая, кифовиноградная, уксусная кислоты и др.) являются необходимыми компонентами в биосинтезе липидов, белков и т.д., поэтому углеводный обмен является одним из важнейших связующих звеньев метаболизма других веществ в организме.

**Действие ферментов пищеварительного тракта на углеводы**

В ротовой полости распад крахмала катализируют содержащиеся в слюне ферменты α-амилаза и мальтоза. Они гидролизуют α- гликозидные связи 1-4.

1 4

О

Под действием одних молекул крахмал может распадаться до молекул мальтозы и глюкозы. Но поскольку пища в ротовой полости находится непродолжительное время, то гидролиз крахмала под действием амилазы слюны незначительный. И кроме того, в отличие от человека у животных эти ферменты малоактивны, у свиней в 100 раз, а у крс – в 1000 раз активность их ниже чему человека. У крс слюна выполняет в основном роль увлажнителя корма, происходит образование кома. Ферменты амилаза и мальтаза действуют почти в нейтральной среде рН = 6,8 – 7,0, активируют с NaCL. Поэтому когда пищевой ком из ротовой полости поступает в желудок, то там расщепление крахмала продолжается под действием амилазы слюны до тех пор, пока позволяет рН, затем начинается протеолиз. Таким образом, переваривание в желудке идет короткое время.

Дальнейшее переваривание крахмала и других сахаров идет в тонком отделе кишечника, в 12 – перстной кишке, под действием амилазы и мальтозы поджелудочной железы, которые расщепляют α 1- 4-гликозидные связи в крахмале. Связи 1 – 6 разрывает фермент декстриназа. В тонком отделе кишечника эти ферменты действуют при рН = 7.8 и расщепляют крахмал до дисахаров мальтоз. Затем мальтоза гидролизуется мальтазой до двух молекул α,d – глюкозы и фруктозы; лактаза, расщепляющая лактозу до глюкозы и галактозы. Все ферменты переваривания углеводов относятся к классу гидролаз, то есть расщепляют гликозидные связи с присоединение молекул воды.

**Гидролиз целлюлозы (клетчатки)**

У травоядных (полигастричных) животных протекает под действием ферментов, синтезируемых микроорганизмами. У жвачных эти процессы происходят в рубце, у лошадей - в слепой кишке, у других животных – в толстом отделе кишечника.

Так, клетчатка распадается под действием целлюлоз до дисахаридов и целлобиоз, затем целлобиозы под действием целлобиазы гидролизуются до двух молекул β-d- глюкозы. Эти ферменты целлюлоза и целлобиаза расщепляют β- 1-4- гликозидные связи:

1 4

О

Затем β-d- глюкоза в рубце подвергается брожению под действием соответствующих ферментов, выделяемых с образованием летучих жирных кислот (ЛЖК): пировиноградной, уксусной, молочной, масляной, пропионовой, а также газов СО2, СН4.

ЛЖК являются энергетическим материалом, за счет их у крс удовлетворяется потребность в энергии более, чем на 40%. Они всасываются в кровь в преджелудках и других отделах пищеварительного тракта и вступают в обменные процессы.

При поедании животными кормов, хорошо подвергающихся бродильным процессам, в рубце может наблюдаться острая тимпания (вздутие, вследствие образования большого количества метана и СО2 в желудке), животное может погибнуть от удушья. Чтобы это предотвратить, надо добавлять к корму крахмал и сахар, то есть картофель и свеклу. При этом бактериальное разложение клетчатки ухудшается, так как микробы начинают усваивать более доступный материал.

**Всасывание продуктов распада углеводов**

Моносахариды всасываются в кровь слизистыми оболочками тонких кишок и частично в желудке. Процесс всасывания сложен и недостаточно изучен. Всосавшись в кровь, моносахариды с током крови по воротной вене доставляются в печень, где глюкоза фосфорилируется, а ее избыток идет на биосинтез гликогена, который откладывается в гепатоцитах.

Часть глюкозы, потупившей в печень или «мобилизованной» из нее путем распада гликогена, направляется в большой круг кровообращения и разносится во все ткани.

Благодаря резервированию избытка глюкозы в гликоген, а также при необходимости «мобилизации» ее из гликогена уровень сахара в крови поддерживается в определенных пределах: у свиней – 80-100 мг%, крс – 40-60мг%, у лошадей – 80-120мг%. Эти процессы регулируются гормонами, вырабатываемыми железами внутренней секреции.

Так, гормоны надпочечников – адреналин и норадреналин повышают уровень сахара в крови. Это явление называется гипергликемия. Гормон поджелудочной железы инсулин, наоборот, понижает уровень сахара в крови. Развивается гипогликемия. Инсулин стимулирует синтез гликогена из глюкозы. Выведение сахара с мочой называется гликозурия.

Расщепление углеводов в тканях происходит аэробным (с доступом кислорода) и анаэробным (без доступа кислорода) путями.

**Анаэробное расщепление углеводов**

Его называют гликолиз и гликогенолиз. Гликогенолиз – это когда расщепление начинается с гликогена, а гликолиз – когда с глюкозы. Происходит в цитоплазме. Гликогенолиз начинается с фосфоролиза гликогена. Фосфоролиз – это реакция расщепления вещества с присоединением элементов фосфорной кислоты.

ОН

n глюкоза(гликоген) + Н3РО4 ФОСФОРИЛАЗА (n-1) глюкоза + Н – С – О – Р = О

Н – С – ОН Н – С – ОН ОН

Н –С – ОН НО – С – Н О

НО – С – Н О Н – С – ОН фосфоглюкомутаза

Н – С – ОН Н – С

Н – С НО ОН СН2ОН

СН2 – О – Р =О Глюкозо – 1 – фосфат

Глюкозо – 6 – фосфат

**Гликолиз**

Н – С – ОН Н – С – ОН

Н – С – ОН Н – С – ОН

НО – С – Н О + АТФ НО – С – Н О

Н – С – ОН фосфогексакиназа Н – С – ОН

Н – С Н – С НО ОН

СН2ОН СН2 – О – Р = О

α,d – глюкоза глюкозо – 6 – фосфат

С образованием глюкозо – 6 – фосфата пути гликолиза и гликогенолиза совпадают. Глюкозо – 6 – фосфат занимает ключевое место в обмене углеводов. Он вступает в следующие метаболические пути:

глюкозо – 6 – фосфат

глюкоза + Н3РО4  фруктозо – 6 – фосфат пентозный путь распада

(поступает в кровь и др. ткани) углеводов

дальнейшие этапы гликолиза и гликогенолиза

Далее глюкозо – 6 фосфат под действием фермента фосфофруктоизомеразы превращается во фруктозо – 6 – фосфат.

Н – С – ОН СН2ОН

Н –С – ОН С – ОН

НО – С – Н О фосфофруктоизомераза НО – С – Н

Н – С – ОН Н – С – ОН О

Н – С НО ОН Н – С НО ОН

СН2 – О – Р = О СН2 – О – Р = О

Глюкозо – 6 фосфат фруктозо – 6- фосфат

Затем под действием фермента фосфофруктокиназы фруктозо – 6 – фосфат вступает в реакцию трансфосфорилирования с АТФ с образованием фруктозо – 1,6 – дифосфата.

СН2ОН СН2 – О – Р = О

С – ОН С – ОН НО ОН

НО – С – Н + АТФ НО – С – Н

Н – С – ОН О фосфофруктокиназа Н – С – ОН О

Н – С НО ОН Н – С НО ОН

СН2 – О – Р = О СН2 – О – Р = О

Фруктозо – 1,6 - дифосфат

Фосфофруктокиназа – аллостерический (регулирующий) фермент, то есть он регулирует скорость образования фруктозо – 1,6 – дифосфата и всех последующих реакций гликолиза. Активирует его АМФ и АДФ, синтезирует АТФ. При онкологических заболеваниях фосфофруктокиназа не ингибируется , идет непрерывный распад сахара.

Далее фруктозо – 1,6 – дифосфат под действием фермента альдозы (класс лиаз) расщепляется на две фосфотриозы: фосфодиоксиацетон и 3- фосфоглицериновый альдегид.

ОН НО

СН2 – О – Р = О СН2 – О – Р = О

С – ОН НО С = О ОН

НО – С – Н СН2ОН

Н – С – ОН О альдолаза фосфодиоксиацетон изомераза

Н – С НО ОН Н – С = О

СН2 – О – Р = О Н – С – ОН НО

Фруктозо – 1,6 – дифосфат СН2 – О – Р = О

ОН

3 – фосфоглицериновый альдегид

В дальнейшем происходит распад 3 – фосфоглицеринового альдегида, а фосфодиоксиацетон будет переходить в него под действием изомеразы. В конечном итоге из фруктозо – 1,6 – дифосфата будет образовываться 2 молекулы 3- фосфоглицеринового альдегида. С образованием двух триоз заканчивается 1 этап гликолиза. 2 этап – окисление 3- фосфоглицеринового альдегида до конечного продукта – молочной кислоты.

Окисление 3- фосфоглицеринового альдегида идет под действием дегидрогеназы 3- фосфоглицеринового альдегида, содержащей сульфгидрильную группы (НS -) за счет остатка цистеина, входящего в активный центр этого фермента. Коферментом является НАД.

НО ОН 2АТФ

Н – С = О 2НАДН2 О = С – О ~ Р = О + 2 АДФ

2 Н – С – ОН НО + 2НАД +2 Н3РО4 2 Н – С – ОН НО фосфокиназа

СН2 – О – Р = О дегидрогеназа СН2 – О – Р = О

ОН НО

3 – фосфоглицериновый альдегид 1,3 – дифосфоглицериновая кислота

НО – С = О

2 Н – С – ОН НО

СН2 – О – Р = О

ОН

При этом энергия анаэробного окисления 3- фосфоглицеринового альдегида не рассеивается в виде тепла, а утилизируется в макроэргических фосфорных связях 1,3 – дифосфоглицериновой кислоты. Затем, этот остаток фосфорной кислоты с макроэргической связью переносятся на АДФ , в результате чего образуется АТФ. Затем под действием фосфоглицеромутазы фосфорная группа перемещается от третьего углеродного атома ко второму.

НО – С = О НО – С = О НО

2 Н – С – ОН НО фосфоглицеромутаза Mg+2 2 Н – С – О – Р = О

СН2 – О – Р = О СН2ОН НО

ОН 2 – фосфоглицериновая кислота

3 – фосфоглицериновая кислота

Дегидратация 2 – фосфоглицериновой кислоты:

НО – С = О НО - Н2О НО – С = О НО

2 Н – С – О – Р = О ЕНОЛГИДРАЗА Mg,Mn  2 С – О ~ Р = О

СН2ОН ОН СН2 ОН

2 – фосфоглицериновая к-та 2 – фосфоенолпируват

В результате этой реакции дегидратации образуется химическая энергия, которая аккумулируется в макроэргической фосфорной связи енол -2 – фосфопирувата. Этот остаток фосфорной кислоты с макроэргической связью переносится на АДФ, в результате образуется АТФ.

НО – С = О НО + 2АДФ 2 АТФ НО – С = О

2 С – О ~ Р = О пируваткиназа Mg2+, Mn2+ 2 С – ОН

СН2 НО СН2

Енолпируват

Затем енолпируват переходит в пируват, то есть енольная форма переходит в кетонную.

НО – С = О НО – С = О

2 С – ОН 2 С = О

СН2 СН3

Енолпируват пируват

Затем пировиноградная кислота вступает в оксидоредукцию ранее образовавшейся восстановленной формой НАДН2 и восстанавливается до молочной кислоты – конечного продукта гликолиза и гликогенолиза.

НО – С = О НО – С = О

2 С = О + 2НАДН – Н+ ЛАКТИНОДЕГИДРОГЕНАЗА 2 Н – С – ОН + 2НАД

СН3  СН3

Пируват молочная кислота (лактат)

НАД может снова участвовать в окислении 3 – фосфоглицеринового альдегида. Под действием дегидрогеназы и тем самым поддерживать течение гликолитических процессов.

А) Баланс гликолиза

При гликолизе из одной молекулы глюкозы образуется две молекулы молочной кислоты и энергия, заключенная в четырех молекулах АТФ. При этом две молекулы АТФ образуются при реакции перефосфорилирования двух молекул 1,3 – дифосфоглицериновой кислоты с двумя молекулами АДФ; две молекулы АТФ образуются при реакции перефосфорилирования двух молекул 2 – фосфоенолпируват с двумя молекулами АДФ.

Однако, в процессе первого этапа гликолиза две молекулы АТФ были использованы на образование глюкозо – 6 – фосфата и фруктозо – 1,6 – дифосфата. Таким образом, чистый выход энергии при гликолизе одной молекулы глюкозы заключается в двух молекулах АТФ.

Б) Суммарная реакция гликолиза

С6Н12О6 + 2АТФ + 2Фn 2С3Н6О3 + 2АТФ

Глюкоза молочная к-та

Следовательно, процесс гликолиза состоит в превращении одной молекулы глюкозы в две молекулы молочной кислоты и двух молекул АДФ в две молекулы АТФ. Гликолиз называют дихотомическим распадом углеводов, он характеризуется образованием двух триоз. Реакции гликолиза можно разделить на две стадии: первая стадия – преобразование глюкозы и фосфогексоз до двух молекул 3- фосфоглицеринового альдегида; вторая стадия – превращение триозофосфатов в молочную кислоту.

**Пентозофосфатный (апотомический) путь окисления углеводов**

Условно его можно разделить на 2 этапа. В первом этапе шесть молекул глюкозо – 6 – фосфата превращаются в шесть молекул рибулозо – 5 – фосфата. Во втором этапе шесть молекул рибулозо – 5 – фосфата превращаются в пять молекул глюкозо – 6 – фосфата. Таким образом, из шести молекул глюкозо – 6 – фосфата в пентозном цикле расщепляется одна молекула гексозы. При этом выделяется 36 молекул АТФ. Уравнение суммарной реакции пентозофосфатного пути окисления глюкозы:

6 – глюкозо – 6 – фосфат + 12НАДФ+ + 7 Н2О 5 – глюкозо – 6 – фосфат + 6СО2 + 12НАДФН – Н+ + +Н3РО4 (36АТФ)

Если в дальнейшем НАДФН2 будет подвергаться окислению то в дыхательной цепи произойдет образование 36 молекул АТФ. Апотомический или пентозный цикл представляет собой путь прямого окислении глюкозо – 6 – фосфата (без предварительного деления пополам). В ходе этого процесса образуется СО2 и пентозы (рибоза и дезоксирибоза), идущие на синтез ДНК и РНК, а также накапливается НАДФН2, который является поставщиком Н2 в основном для синтеза жирных кислот, холестерина, гормонов, а также для образования энергии.

Но в целом дихотомический путь (гликолиз и гликогенолиз) имеет большое значение, чем апотомический. Он более эффективен в энергетическом отношении. Соотношение различных путей распада углеводов в тканях зависит от физиологического состояния животных, от поступления кислорода в ткани и интенсивности физической работы. Роль и значение этих двух путей распада в различных тканях неодинаковы. Например, в печени глюкозо – 6 – фосфат на 70-90% распадается дихотомическим путем, а в хрусталике и роговице глаза преобладает пентозный путь.

**Биосинтез углеводов**

Анаболизм углеводов в тканях в основном характеризуется процессами биосинтеза глюкозы и гликогена. Образование глюкозы из не углеводных компонентов называют глюконеогенез (образование нового сахара). Важными предшественниками D – глюкозы являются : лактат, пируват, глицерин, большинство аминокислот и промежуточные продукты цикла лимонной кислоты: яблочная кислота, ЩУК, α-кетоглутаровая кислота, янтарная кислота и др. Эти вещества могут образовываться при распаде жиров (например, глицерина), белков, содержащих аминокислоты, производные пропионовой кислоты: аланин, фенилаланин, серин и др.

Глюкогенез протекает у животных главным образом в печени и значительно меньше в корковом веществе почек. Путь глюконеогенеза включает семь этапов общих с процессом гликолиза.

Подобно тому, как превращение глюкозы в пируват представляет собой центральный путь в катаболизме углеводов, превращение пирувата в глюкозу является центральным путем глюконеогенеза. Пути эти не идентичны, хотя и включают ряд общих этапов.

В гликолизе имеются три этапа практически необратимых, которые по этой причине не могут использоваться в глюконеогенезе. В обход этих этапов в глюконеогенезе протекают другие реакции, катализируемые другими ферментами. Эти обходные реакции тоже необратимы, но они идут в направлении синтеза глюкозы. Таким образом, и гликолиз, и глюкогенолиз – необратимые процессы в клетках. Более того, эти процессы регулируются независимо друг от друга.

Первая обходная реакция в глюконеогенезе – это превращение пирувата в фосфоенол пируват. Этот процесс протекает в несколько стадий. Вначале под действием пируваткарбоксилазы пировиноградная кислота (пируват) карбоксилируется в ЩУК.

СН3 СООН

С = О + СО2 + Н2О + АТФ пируват карбоксилаза СН2 + АДФ + Н3РО4

СООН С = О

Пируват СООН

ЩУК

Реакция протекает в митохондриях при участии ацетил – КоА, являющимся активатором пируваткарбоксилазы. Затем здесь же, в митохондриях ЩУК восстанавливается в яблочную кислоту(малат):

СООН СООН

СН2 + НАДН2  СН2

С = О малатдегидрогеназа СН – ОН + НАД

СООН СООН

ЩУК яблочная кислота (малат)

Малат выходит из митохондрии при участии специальной транспортной системы и поступает в цитозоль. Здесь он окисляется под действием НАД – зависимой малатдегидрогеназы и образованием ЩУК , но уже внемитохондриальной.

СООН НАДН2  СООН

СН2 + НАД СН2

СН – ОН малатдегидрогеназа С = О

СООН СООН

Малат ЩУК

Затем Щук превращается в 2- фосфоенолпируват под действием фосфоенолпируваткарбоксикиназы. Донором фосфата в этой реакции является ГТФ:

СООН СН2 ОН

СН2 + ГТФ - ГДФ - СО2 С – О ~ Р = О

С = О фосфоенолпируваткарбоксикиназа СООН ОН

СООН 2 – фосфоенолпируват(образуется при гликолизе)

ЩУК

Затем 2- фосфоенолпируват путем обратимых реакций и под действием ферментов гликолиза превращается во фруктозо – 1,6 – дифосфат по следующей схеме:

2 – фосфоенолпируват (2 молекулы)

Енолгидрза + Н2О

2 – фосфоглицериновая кислота (2 молекулы)

Фосфоглицеромутаза

3 – фосфоглицериновая кислота (2 молекулы)

Фосфокиназа + 2АТФ - 2 АДФ

1,3 – дифосфоглицериновая кислота (2 молекулы)

Фосфатаза - 2 Фн

3 – фосфоглицериновый альдегид (2 молекулы)

Изомераза

3 – фосфоглицериновый альдегид фосфодиоксиацетон

Фруктозо – 1,6 – дифосфат

Второй обходной путь в глюконеогенезе – это превращение фруктозо – 6 – фосфата во фруктозо – 6 – фосфат. Это происходит под действием фермента фруктозодефосфатазы, отщепляющей фосфатную группу в положении 1.

Фруктозо – 1,6 – дифосфат + Н2О  ФРУКТОДЕФОСФАТАЗА  - Н3РО4 фруктозо – 6 - фосфат

Затем фруктозо – 6 – фосфат под действием фосфогексоизомеразы изомеризуется в глюкозо – 6 – фосфат (реакция обратимая):

Фруктозо –6 – фосфат  фосфогексоизомераза глюкозо – 6 – фосфат

Третий обходной путь - превращение глюкозо – 6 – фосфата в свободную глюкозу. При этом происходит дефосфорилирование глюкозо – 6 –фосфата с образованием свободной глюкоз, которая поступает из печени в кровь.

Глюкозо – 6 –фосфат +Н2О ГЛЮКОЗО – 6 - ФОСФАТЗА -Н3РО4 глюкоза

Суммарная реакция образования глюкозы из пировиноградной кислоты:

2 СН3 – С – СООН + 4АТФ + 2ГТФ + 2НАДН2 + 4Н2О С6Н12О6 + 2НАД + 4АДФ + 2ГДФ + 6Фн

О

Из этой реакции видно, что на каждую молекулу глюкозы, образующуюся из пирувата, расходуется 6 макроэргических фосфорных связей также 2 молекулы НАДН – Н+ , используемые для восстановления.

Биосинтез гликогена называется гликогенез. В основном изучен на тканях печени, в которой содержится 15-20% гликогена от общей массы. Биосинтез происходит из глюкозы. Регулирует синтез гормон инсулин. Этот гормон активирует ферменты фосфогексокиназу, фосфоглюкомутазу. Инсулин повышает проницаемость клеток гепатоцитов для глюкозы. Антагонистом его являются гормоны глюкагон, адреналин, норадреналин. В стрессовых ситуациях будет больше выделяться адреналина, в спокойном состоянии будет больше инсулина и происходит синтез гликогена.

Биосинтез гликогена начинается с глюкозы с ее фосфорилирования, в результате чего образуется глюкозо – 6 – фосфат:

Глюкоза + АТФ ФОСФОГЕКСАКИНАЗА глюкозо – 6 – фосфат + АДФ

В дальнейшем глюкозо -6 – фосфат под действием фосфоглюкомутазы превращается в глюкозо – 1 – фосфат.

Глюкозо – 6 – фосфат  ФОСФОГЛЮКОМУТАЗА глюкозо – 1 – фосфат

Далее следует ключевая реакция биосинтеза гликогена – это образование уридиндитрансферазы:

Глюкозо – 1 –фосфат + УТФ  УРИДИНТРАНСФЕРАЗА УДФ – глюкоза + ФнФн

Затем происходит непосредственный синтез гликогена од действием гликогенсинтетазы, которая отщепляет глюкозу от УДФ – глюкозы и присоединяет ее к нарастающей цепочке гликогена, образуя при этом α(1 – 4) – гликозидные связи :

УДФ – глюкоза + ( n – глюкоза)n  ГЛИКОГЕНСИНТЕТАЗА  УДФ+ (n+1 глюкоза )n+1

нарастающая

цепочка гликогена

УДФ затем путем трансфосфорилирования с АТФ превращаются в УТФ, которая снова идет на образование УДФ – глюкозы. Образование α(1 – 6) – гликозидных связей в тканях ветвления катализирует фермент гликозил (4 – 6) – трансфераза.

**Патология углеводного обмена**

При патологии развивается болезнь сахарный диабет – это происходит при заболевании поджелудочной железы, вырабатывающей гормон инсулин. При патологии не будет синтезироваться гликоген, возникает гипергликемия – повышение сахара в крови; гликозурия – повышение сахара в моче; происходит сгущение крови, расстройство сердечно – сосудистой системы. Для лечения вводят инсулин.

У животных наблюдается развитие кетоза – это заболевание сопровождается нарушением углеводного, белкового и липидного обмена. Вначале сопровождается гипергликемией, затем наступает гипогликемия – снижение сахара в крови и накопление кетоновых тел.

**Список использованной литературы:**

1. Овчинников Ю.А. Биоорганическая химия / Ю.А. Овчинников. – М.: Просвещение, 1987.

2. Яковишин Л.А. Избранные главы биоорганической химии / Л.А. Яковишин. – Севастополь: Стрижак-пресс, 2006.

3. Лабораторный практикум по биохимии: Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов дневной и заочной форм обучения / Сост. Л.А. Яковишин. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2007.

4. Биохимия: Методические указания и контрольные задания для студентов дневной и заочной форм обучения / Сост. Л.А. Яковишин. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2007.