

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

**Е. В. ВОРОБЬЕВА, Н. И. ДРОЗДОВА,
С. М. ПАНТЕЛЕЕВА**

**БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ
ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ
И ИХ СТРУКТУРНЫЕ КОМПОНЕНТЫ**

Практическое руководство

для студентов специальности 1-31 01 01-02
«Биология» (научно-педагогическая деятельность)

Гомель
ГГУ им. Ф. Скорины
2015

УДК 577.11(076)
ББК 28.072.51я73
В751

Рецензенты:

кандидат химических наук А. В. Лысенкова;
кандидат химических наук А. В. Хаданович

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
учреждения образования «Гомельский государственный
университет имени Франциска Скорины»

Воробьева, Е. В.

В751 Биоорганическая химия: высокомолекулярные соединения
и их структурные компоненты : практическое руководство /
Е. В. Воробьева, Н. И. Дроздова, С. М. Пантелеева ;
М-во образования РБ, Гом. гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель:
ГГУ им. Ф. Скорины, 2015. – 45 с.
ISBN 978-985-577-040-5

Целью настоящего практического руководства является оказание помо-
щи студентам в усвоении теоретических основ биоорганической химии по те-
мам, не рассмотренным на лекциях. Руководство содержит программный тео-
ретический материал, необходимый для самостоятельной работы студентов по
вопросам учебной программы.

Адресовано студентам специальности 1-31 01 01-02 «Биология»
(научно-педагогическая деятельность).

УДК 577.11(076)
ББК 28.072.51я73

ISBN 978-985-577-040-5

© Воробьева Е. В., Дроздова Н. И.,
Пантелеева С. М., 2015
© Учреждение образования «Гомельский
государственный университет
имени Франциска Скорины», 2015

Оглавление

Предисловие	4
Тема 1. Липиды	5
Тема 2. Углеводы	11
Тема 3. Аминокислоты и белки	27
Тема 4. Нуклеиновые кислоты	32
Тестовые задания для самоконтроля	37
Список использованной литературы	45

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Предисловие

Биоорганическая химия является областью науки, изучающей структуру биологически активных молекул с позиций органической химии. Основная цель изучения дисциплины – формирование системных знаний о взаимосвязи строения и химических свойств биологически важных органических соединений. Основными задачами преподавания биоорганической химии является формирование современных представлений:

- о строении природных биологически значимых соединений;
- об основных факторах, влияющих на термодинамическую устойчивость органических молекул;
- о механизмах и особенностях химических превращений поли- и гетерофункциональных органических соединений.

Материал учебной программы представлен в виде трех крупных разделов:

1. Теоретические основы строения и общие закономерности реакционной способности органических соединений.
2. Биологически важные гетерофункциональные соединения.
3. Биополимеры и их структурные компоненты.

В спецкурсе «Биоорганическая химия» ряд тем вынесен для самостоятельной управляемой работы студентов (УРС). Основанием для этого является тот факт, что в предшествующих дисциплинах «Органическая химия», «Биохимия», «Химия биологически активных соединений» и др. эти вопросы уже изучались. При этом учебный материал был разрознен и освещён не достаточно полно. Данное пособие даёт возможность студенту самостоятельно и максимально всесторонне рассмотреть темы «Липиды», «Углеводы», «Аминокислоты и белки», «Нуклеиновые кислоты», произвести самоконтроль и подготовиться к зачету по спецкурсу.

Тема 1. Липиды

Липиды представляют собой большую группу природных гидрофобных соединений с разнообразной структурой и биологическими функциями, объединяемые в единую категорию по следующим трем признакам: 1) нерастворимость в воде и растворимость в неполярных растворителях; 2) нахождение в природе в виде настоящих или потенциальных сложных эфиров высших жирных кислот; 3) присутствие во всех живых организмах (рисунок 1).

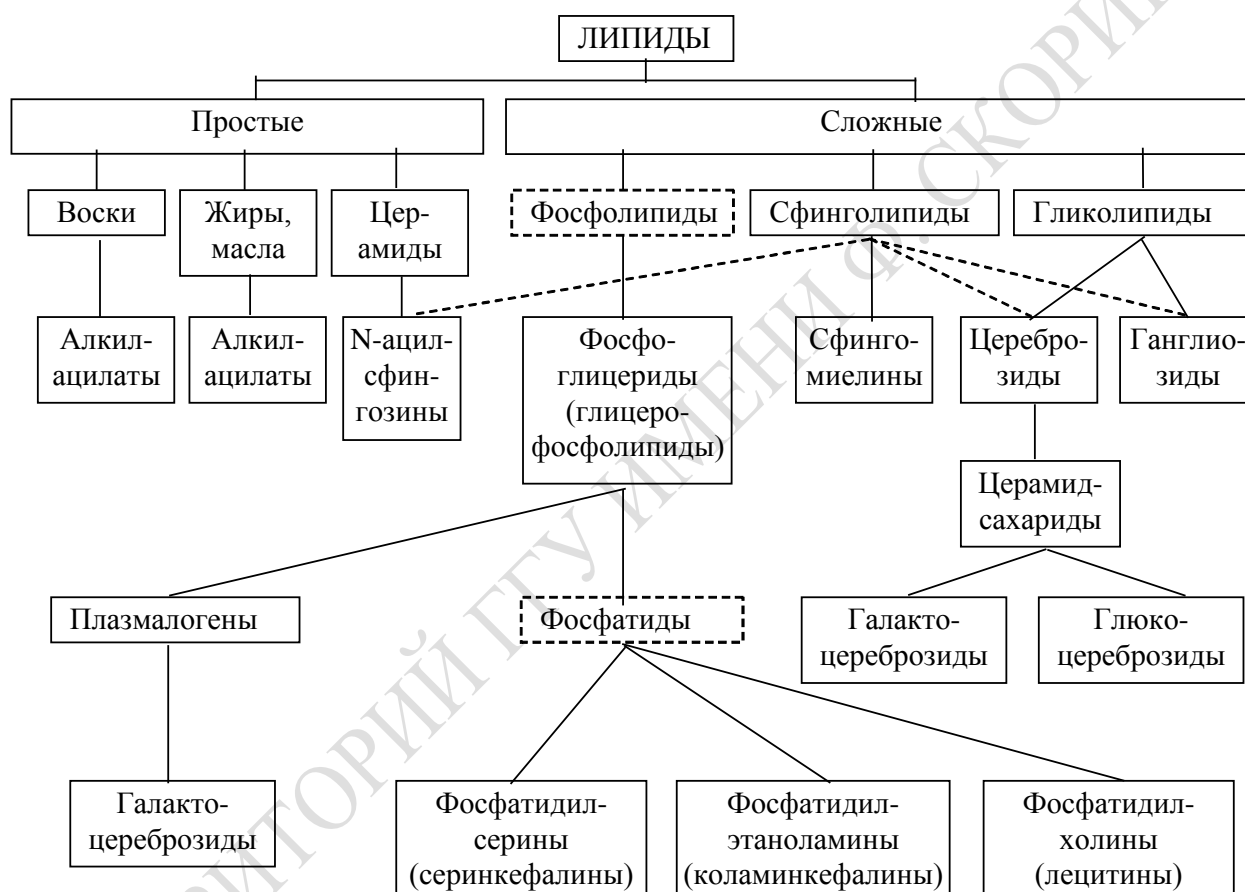


Рисунок 1 – Классификация липидов

Высшие жирные кислоты – одноосновные карбоновые кислоты с длинной углеродной цепью, содержащей обычно четное число атомов углерода (от 12 до 24). Высшие жирные кислоты могут быть насыщенными и ненасыщенными (таблицы 1, 2).

Жирные кислоты, входящие в состав организма человека, имеют общие черты строения: чётное число атомов углерода, неразветвлённую углеродную цепь; полиненасыщенные жирные кислоты имеют только изолированные двойные связи, находящиеся в цис-конфигурации.

Таблица 1 – Физиологически важные насыщенные жирные кислоты

Химическая формула	Число атомов углерода	Тривиальное название	Систематическое название	Встречаемость
$C_{11}H_{23}COOH$	12	Лауриновая	Додекановая	В спермаците, в маслах корицы, лаврового листа, кокосовых орехов; в небольших количествах в животных жирах
$C_{13}H_{27}COOH$	14	Миристиновая	Тетрадекановая	В масле мускатного ореха, кокосовом масле; в небольших количествах в животных жирах
$C_{15}H_{31}COOH$	16	Пальмитиновая	Гексадекановая	Широко распространена во всех животных жирах и растительных маслах
$C_{17}H_{35}COOH$	18	Стеариновая	Октадекановая	Широко распространена во всех животных жирах и растительных маслах

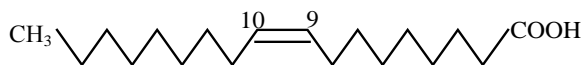
Таблица 2 – Физиологически важные ненасыщенные жирные кислоты

Химическая формула	Число атомов углерода	Тривиальное название	Название		Встречаемость
			систематическое	по ω -номенклатуре	
Моноеновые кислоты					
$C_{15}H_{29}COOH$	16	Пальмитолеиновая	9-гексадеценовая	ω -7 гексадеценовая	Почти во всех жирах и маслах
$C_{17}H_{33}COOH$	18	Олеиновая	9-октадеценовая	ω -9 октадеценовая	Самая распространенная кислота во всех жирах и маслах
Диеновые кислоты					
$C_{17}H_{31}COOH$	18	Линолевая	9,12-октадекадиеновая	ω -6 октадекадиеновая	В кукурузном, арахисовом, хлопковом и других растительных маслах
Триеновые кислоты					
$C_{17}H_{29}COOH$	18	γ -Линоленовая	6,9,12-октадекатриеновая	ω -6 октадекатриеновая	В масле некоторых растений; минорная ЖК у животных
$C_{17}H_{29}COOH$	18	α -Линоленовая	9,12,15-октадекатриеновая	ω -3 октадекатриеновая	В льняном масле. Часто сопутствует линолевой кислоте
Тетраеновые кислоты					
$C_{19}H_{31}COOH$	20	Арахидоновая	5,8,11,14-эйкозатетраеновая	ω -6 эйкозатетраеновая	В арахисовом масле; в фосфолипидах у животных

В номенклатуре высших жирных кислот используют их тривиальные названия, а также названия по международной номенклатуре с указанием числа углеродных атомов, конфигурации двойной связи, положения двойных связей, считая с карбоксильного конца молекулы и их количества. Например:

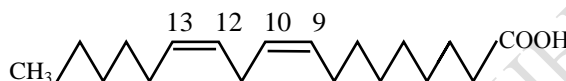
Олеиновая

цис-9-октадеценовая кислота



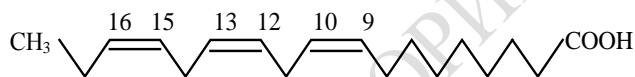
Линолевая

цис-9, цис-12-октадекадиеновая кислота



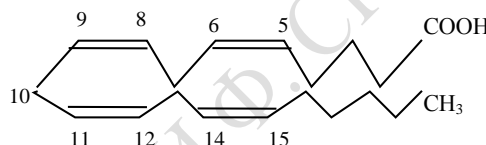
Линоленовая

цис-9, цис-12-цис-15-октадекатриеновая кислота

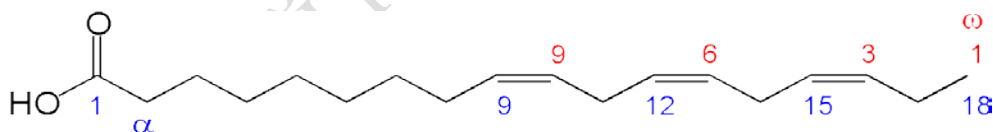


Арахидоновая

цис-5, цис-8, цис-11, цис-14-эйкозатетраеновая кислота



Наиболее удобна для названия ненасыщенных жирных кислот **ω-номенклатура**, в соответствии с которой структура любой ненасыщенной кислоты может быть выражена тремя цифрами: числом углеродных атомов в цепи, количеством двойных связей и количеством углеродных атомов между двойной связью и метильной группой (ω-углеродом). Рассмотрим на примере линолевой кислоты:



Линолевая кислота или 18:2 ω 6 (октадекадиеновая кислота)

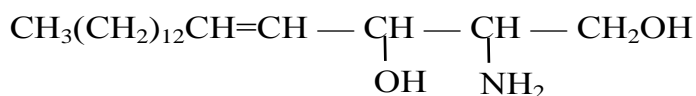
Жирные кислоты, имеющие двойную связь в положении ω3, обладают очень выраженным антиатеросклеротическим действием (линоленовая).

Линолевая, линоленовая и арахидоновая кислоты не синтезируются в организме человека и должны поступать с пищей, поэтому их еще называют незаменимыми (**эссенциальными**). Особенно много ω3-содержащих жирных кислот находится в рыбьем жире и других морепродуктах.

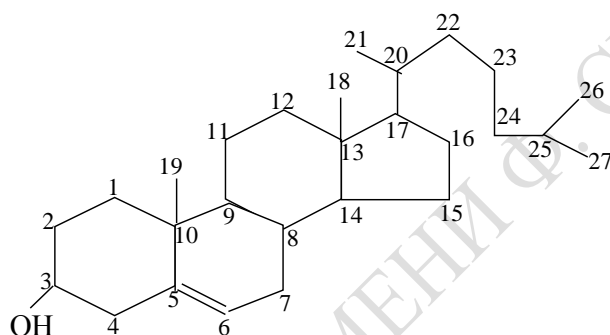
Многоатомные и высшие спирты, входящие в состав липидов, содержат углеродную цепь из трех и более атомов углерода: глицерола, пропандиола, бутандиола; а также в качестве спирта могут выступать моносахариды (глюкоза, галактоза и др.). Наиболее широко представлен трехатомный спирт глицерол – пропантриол-1,2,3.

К высшим спиртам относятся также сфингозин и холестерол. Сфингозин обнаружен в составе липидов нервной ткани.

Сфингозин (2-аинооктадецен-4-диол-1,3) – ненасыщенный длинно-цепочечный двухатомный аминоспирт:

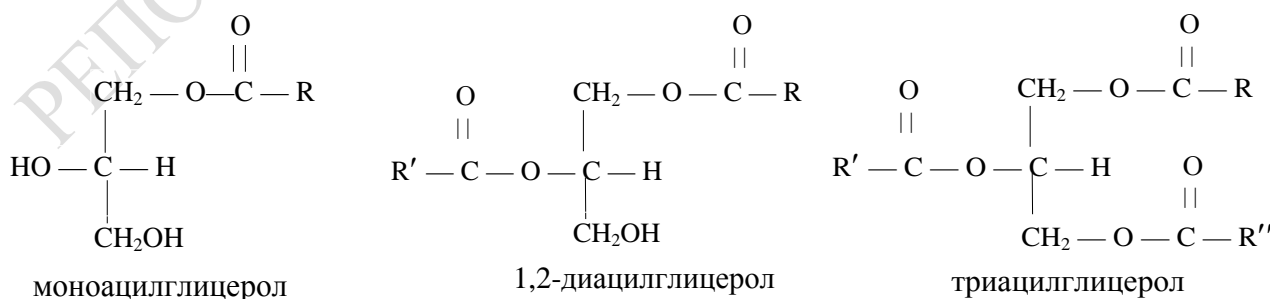


Холестерол является одноатомным вторичным ненасыщенным спиртом стеранового ряда. β -ОН-группа занимает энергетически более выгодное экваториальное положение:



Холестерол в свободном или этерифицированном (в виде эфиров с высшими жирными кислотами) состоянии входит в состав липопротеинов, биологических мембран.

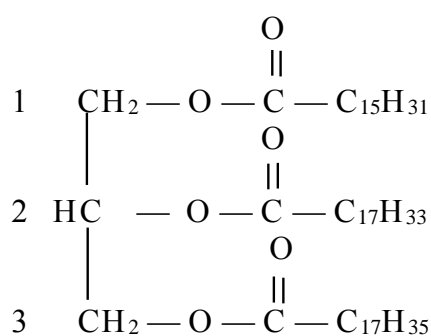
Триацилглицеролы представляют собой сложные эфиры трехатомного спирта глицерола и высших жирных кислот. В зависимости от числа этерифицированных спиртовых групп различают моноацилглицеролы, диацилглицеролы и триацилглицеролы. В природе наиболее распространены триацилглицеролы. Во всех случаях ацилглицеролы не содержат функциональных ионогенных групп и поэтому их еще называют нейтральными жирами:



Триацилглицеролы, содержащие остатки одинаковых жирных кислот, называются простыми нейтральными жирами, разные остатки –

смешанными жирами. Твердые триацилглицеролы называют жирами, жидкие – маслами. В составе твердых жиров преобладают остатки насыщенных высших жирных кислот, в составе жидких жиров – остатки ненасыщенных кислот. В организме животных и человека (жировой ткани, мембранах) присутствуют смешанные жиры с преобладанием ацильных остатков ненасыщенных жирных кислот.

Названия смешанных триацилглицеролов по международной номенклатуре образуются путем добавления суффикса «оил» к названию соответствующего ацильного остатка высшей жирной кислоты, цифрой указывается его место в углеродной цепи многоатомного спирта и добавляется окончание глицерол, например:



1-пальмитоил-2-олеоил-3-стеароилглицерол

Триацилглицеры гидрофобны. Температура плавления жиров зависит от степени ненасыщенности жирных кислот. Растительные жиры (масла), содержащие моно- и полиненасыщенные жирные кислоты, имеют более низкую температуру плавления. Степень ненасыщенности характеризуется йодным числом. Йодное число соответствует количеству граммов йода, которое может присоединиться к 100 г жира.

Нейтральные жиры проявляют типичные свойства сложных эфиров: легко подвергаются *гидролизу*. Реакция гидролиза *in vitro* может протекать при нагревании с водой в присутствии минеральных кислот или щелочей. С помощью реакций гидролиза устанавливают строение липидов, а также получают мыла. Калиевые соли высших жирных кислот – жидкие мыла, натриевые соли – твердые мыла. *In vivo* гидролиз жиров проходит под действием ферментов липаз.

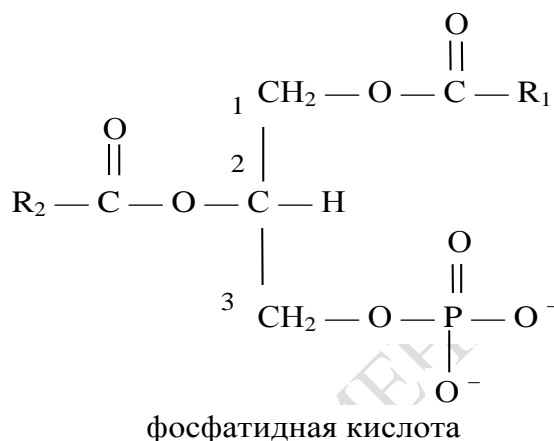
Реакция с бромной водой и реакция *окисления* раствором перманганата калия в мягких условиях используются для качественного определения непредельных кислот в жире.

Воски – сложные эфиры, образованные высшими спиртами и высшими жирными кислотами. Они широко распространены в природе. Так, пчелиный воск содержит мирициловый эфир пальмитиновой кислоты

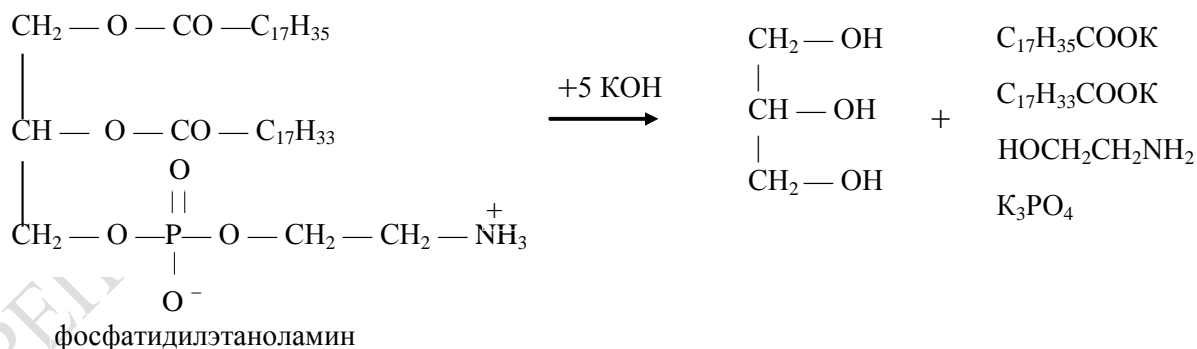
$C_{15}H_{31}COOC_{30}H_{61}$. Воски совершенно нерастворимы в воде. Перья птиц и шерсть животных имеют восковое покрытие, которое придает им водоотталкивающие свойства. Восковое покрытие листьев и плодов растений уменьшает потерю влаги и снижает возможность инфекции.

Фосфолипиды – омыляемые сложные липиды, при гидролизе которых образуются жирные кислоты, спирты, фосфорная кислота, а также аминокислоты и др. соединения. К фосфолипидам относятся глицерофосфолипиды и сфингофосфатиды.

Глицерофосфолипиды (фосфоацилглицеролы) являются производными фосфатидной кислоты:



Фосфоацилглицеролы образуются путем этерификации фосфатидной кислоты гидроксилсодержащими соединениями (серин, этаноламин, холин, инозитол, глицерол и др.). Как сложные эфиры, фосфолипиды способны подвергаться гидролизу:



Все **фосфолипиды** амфифильны, так как имеют в своем составе гидрофобную и гидрофильную части. Гидрофобная часть представлена неполярными остатками насыщенных и ненасыщенных жирных кислот («хвосты»). Гидрофильная – остатками глицерина, фосфорной кислоты и аминокислоты (полярная «головка»). Амфифильные молекулы фосфолипидов способны соответствующим образом располагаться на границе

раздела двух фаз, что является предопределяющим для образования липидного бислоя мембран.

Перекисное окисление липидов (ПОЛ) – один из наиболее важных окислительных процессов в организме. Это естественный метаболический процесс. Он необходим для осуществления процессов обновления липидов мембран, синтеза метаболитов арахидоновой кислоты, являющихся биорегуляторами; активации макрофагов, разрушения чужеродных веществ, попавших в организм, уничтожения переродившихся клеток и т. д. При ряде патологических состояний (хроническом стрессе, действии жесткого ультрафиолетового света, ионизирующего излучения, лучевой болезни, канцерогенезе и др.) происходит активация ПОЛ.

Перекисное окисление представляет собой свободнорадикальный процесс. Его моделью может служить процесс прогоркания масел – окисление под действием квантов света и кислорода воздуха триацилглицеролов, содержащих ацильные остатки непредельных высших жирных кислот. Продуктами перекисного окисления являются диеновые конъюгаты, гидроперекиси, альдегидспирты, окси- и кетокислоты, двухосновные карбоновые кислоты с меньшим числом углеродным атомов, эпоксиды, полимерные соединения и т. д. Аналогичные процессы идут *in vivo* при перекисном окислении фосфолипидов мембран. В норме процессы ПОЛ регулируются и поддерживаются на определенном стационарном уровне системами антиоксидантной защиты.

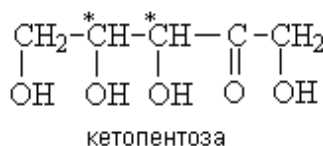
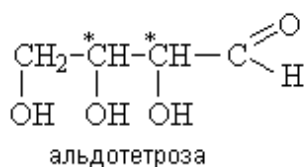
Тема 2. Углеводы

Моносахариды – это полигидроксикарбонильные соединения, в которых каждый атом углерода (кроме карбонильного) связан с OH-группой. Общая формула моносахаридов – $C_n(H_2O)_n$, где $n = 3-9$.

По химическому строению различают:

- **альдозы** – моносахариды, содержащие альдегидную группу;
- **кетозы** – моносахариды, содержащие кетонную группу (как правило, в положении 2).

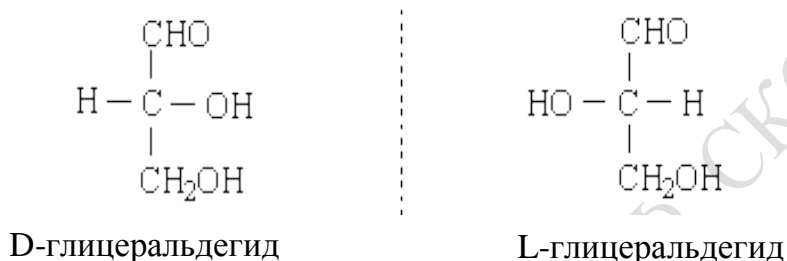
В зависимости от длины углеродной цепи моносахариды делятся на **триозы, тетрозы, пентозы, гексозы** и т. д. Обычно моносахариды классифицируют с учетом сразу двух этих признаков, например:



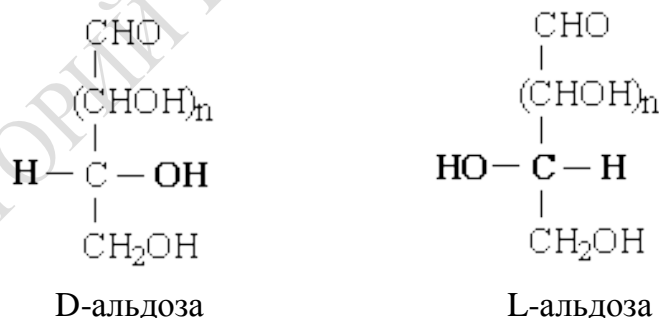
В природе встречаются производные моносахаридов, содержащие аминогруппу (*аминосахара*), карбоксильную группу (*сиаловые кислоты, аскорбиновая кислота*), а также атом Н вместо одной или нескольких групп ОН (*дезоксисахара*).

Стереои́зомерия

Все моносахариды (кроме дигидроксиацетона) содержат хиральные атомы углерода и имеют стереоизомеры. Простейшая *альдоза, глицериновый альдегид*, содержит один хиральный атом С и существует в виде двух оптических изомеров – D и L:

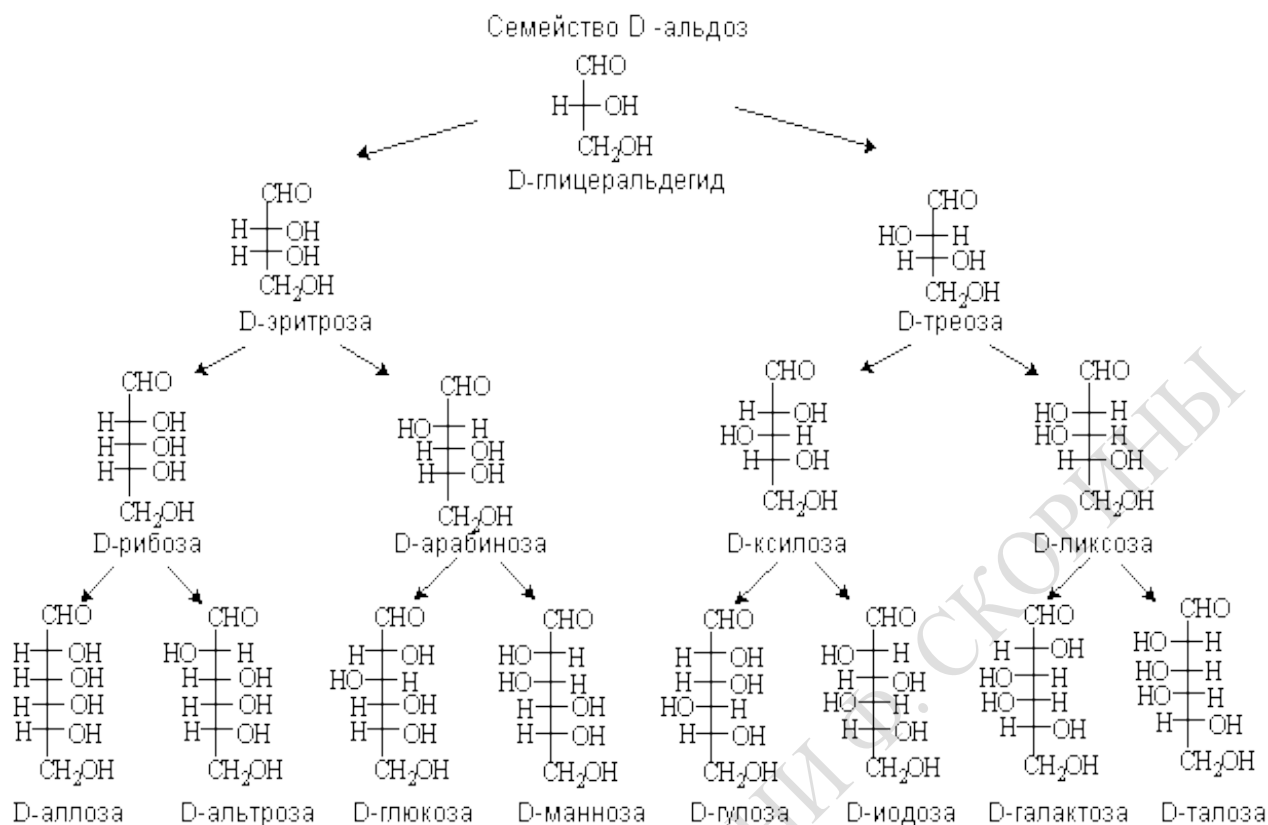


По мере увеличения длины цепи количество стереоизомеров у альдогексоз растёт. В соответствии с числом хиральных центров существует 4 стереоизомерных альдотетрозы, 8 альдопентоз, 16 альдогексоз и т. д. В зависимости от конфигурации наиболее удаленного от карбонильной группы хирального атома С все моносахариды делят на два стереохимических ряда – D-моносахариды и L-моносахариды:

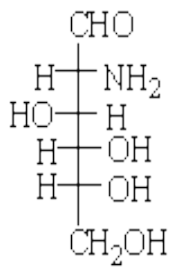


Подавляющее большинство природных моносахаридов принадлежит к D-ряду.

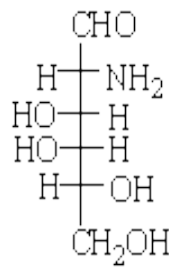
Родоначальником ряда D-альдоз является D-глицериновый альдегид. Остальные D-альдозы могут быть построены на основе D-глицеральдегида путем последовательной вставки фрагмента СНОН сразу после карбонильной группы. Стереоизомерные альдозы имеют тривиальные названия:



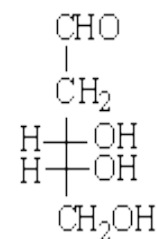
Среди производных моносахаридов наиболее распространенными являются аминсахара D-глюкозамин и D-галактозамин и дезоксисахар 2-дезоксид-D-рибоза:



D-глюкозамин

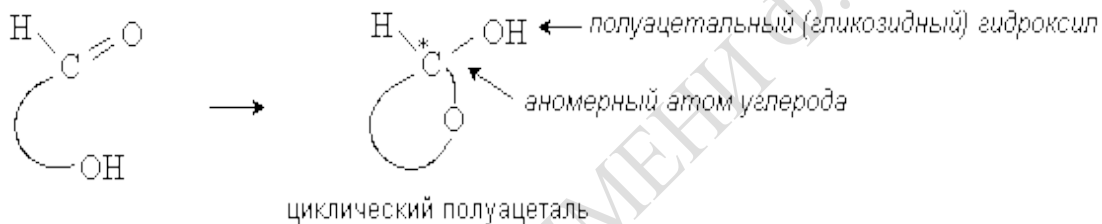


D-галактозамин

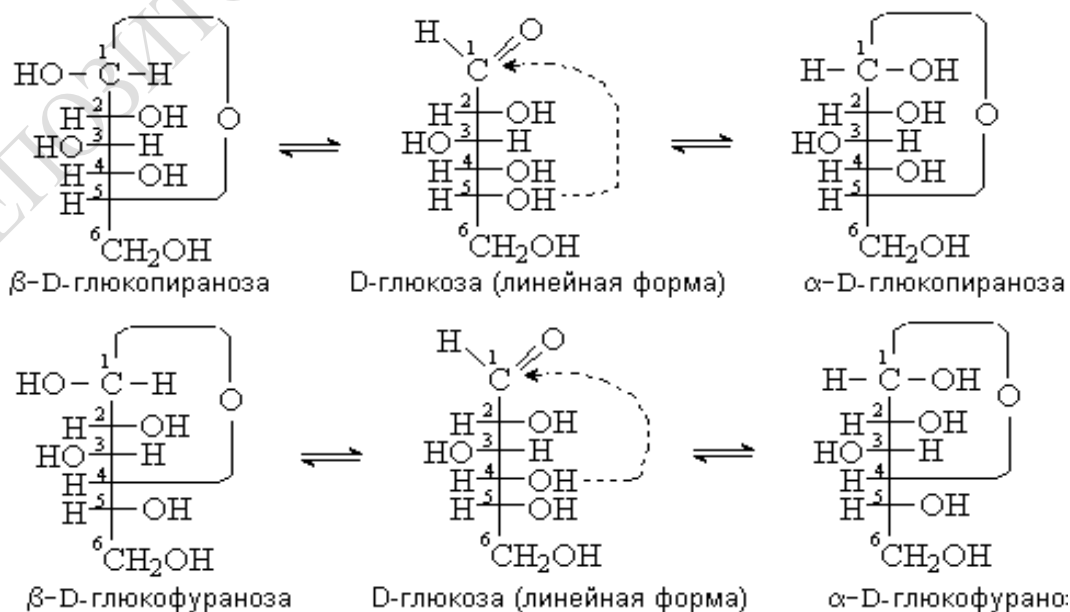


2-дезоксид-D-рибоза

Цикло-оксо-таутомерия. Карбонильная и гидроксильная группы моносахаридов взаимодействуют внутримолекулярно с образованием циклического полуацетала:



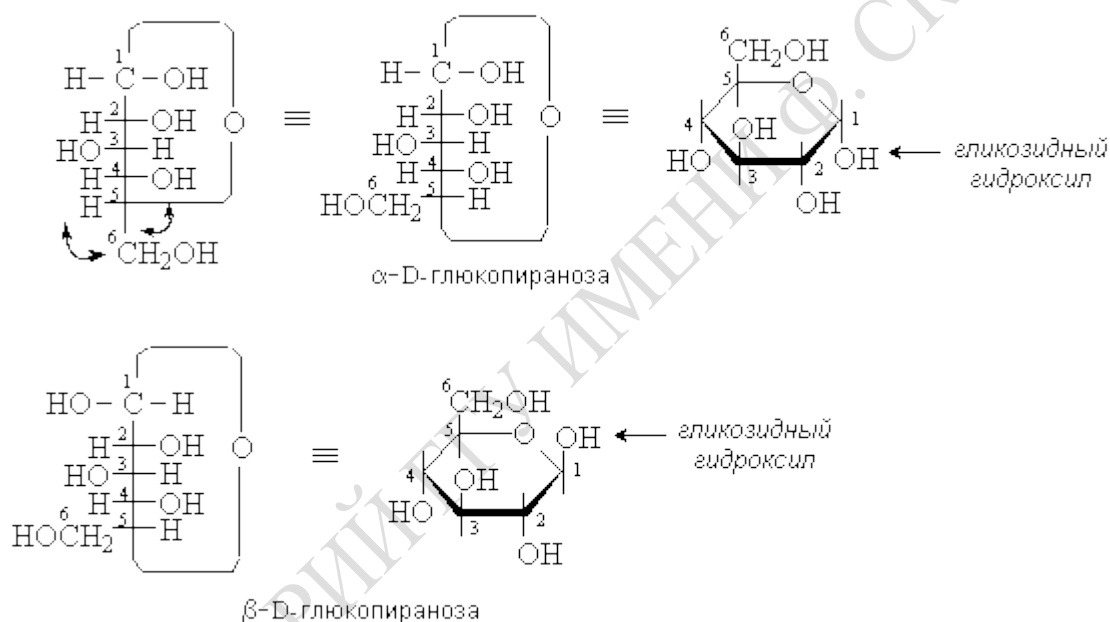
При этом возникает новый хиральный центр – бывший карбонильный, а теперь аномерный атом углерода. Наиболее устойчивы циклические полуацетали, содержащие шестичленный (*пиранозный*) или пятичленный (*фуранозный*) циклы. Они образуются при взаимодействии альдегидной группы с гидроксильной группой в положении 5 или 4 моносахарида соответственно. Ниже представлена схема образования циклических форм D-глюкозы:



Возникновение нового хирального центра приводит к появлению 2 стереоизомеров для каждой из циклической форм - α - и β -аномеров.

Аномеры – это эпимеры, которые различаются по конфигурации первого (аномерного) атома углерода. У α -аномера конфигурация аномерного центра совпадает с конфигурацией конечного хирального атома С, у β -аномера она противоположна.

Циклические формы моносахаридов изображают с помощью формул Хеуорса. Молекулу представляют в виде плоского цикла, перпендикулярного плоскости рисунка. Заместители, находившиеся в формуле Фишера слева, располагают над плоскостью цикла, справа – под плоскостью. Для определения положения группы CH_2OH в формуле Фишера предварительно делают две перестановки:

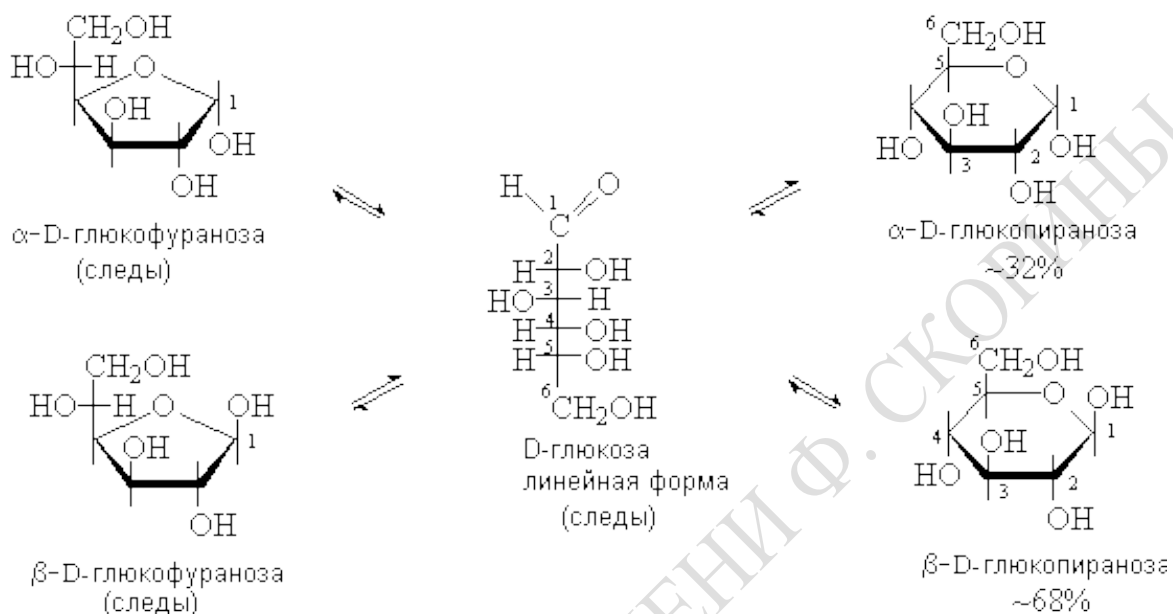


В кристаллическом состоянии моносахариды находятся в одной из циклических форм. При растворении образуется равновесная смесь линейной и циклических форм. Их относительное содержание определяется термодинамической стабильностью. Циклические, особенно пиранозные формы, энергетически более выгодны для большинства моносахаридов. Например, в растворе D-глюкозы преобладает β -D-глюкопираноза:

Существование равновесия между линейной и циклическими формами моносахаридов получило название цикло-оксо-таутомерии.

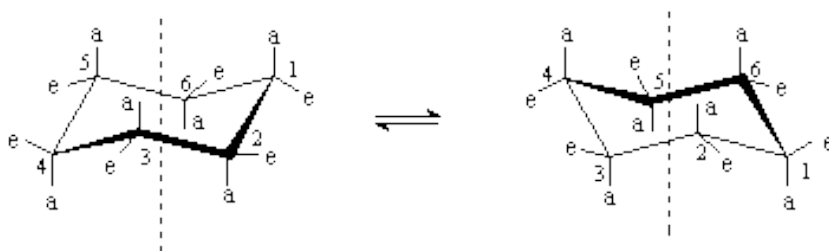
Растворение кристаллического моносахарида сопровождается постепенным таутомерным превращением, которое заканчивается установлением таутомерного равновесия. Каждая таутомерная форма оптически активна и имеет свою величину удельного вращения. Поэтому за таутомерным превращением можно следить по изменению удельного вращения

раствора, которое заканчивается с установлением равновесия. Явление изменения удельного вращения свежеприготовленного раствора моносахарида называют *мутаротацией*. Явление мутаротации – одно из доказательств существования цикло-оксо-таутомерии у моносахаридов.



Конформационное строение. Формулы Фишера и Хеурса являются условным изображением пространственного строения моносахаридов. Близкое к действительному расположение атомов в пространстве отражают конформационные формулы.

Шестичленный цикл, в котором атомы находятся в состоянии sp^3 -гибридизации, не может иметь плоскую конформацию, так как это означало бы слишком сильное искажение валентных углов (120° вместо 109°) и заслоненное положение заместителей. Наиболее выгодной конформацией для большинства шестичленных циклов является конформация «кресла», в которой все валентные углы равны 109° и нет заслоненных положений заместителей. Так, у циклогексана есть две энергетически равноценные конформации «кресла», которые находятся в равновесии. Взаимопревращения между ними называют инверсией цикла:

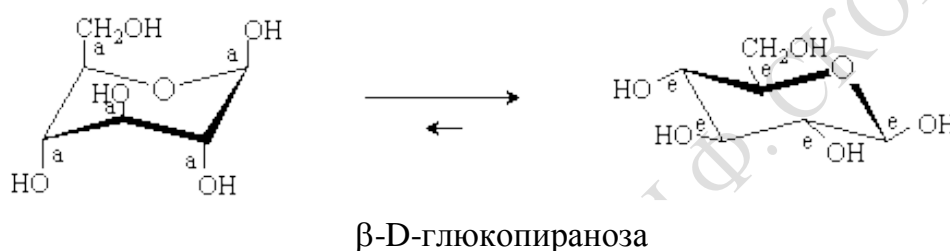


Заместители у каждого атома цикла могут находиться в аксиальном (a) или экваториальном (e) положениях. Аксиальные связи расположены

параллельно оси симметрии цикла и направлены попеременно вверх и вниз. Экваториальные связи ориентированы под углом 109° к оси симметрии цикла также попеременно вверх и вниз. При инверсии цикла экваториальные связи становятся аксиальными и наоборот.

При введении в циклогексан заместителей две конформации кресла становятся энергетически неравноценными. Меньшей энергией, как правило, обладает та конформация, в которой объемистые заместители занимают экваториальное положение.

Рассмотрим конформационное строение β -D-глюкопиранозы. Более выгодной для этой формы D-глюкозы является конформация $4C_1$, в которой все заместители находятся в экваториальном положении:

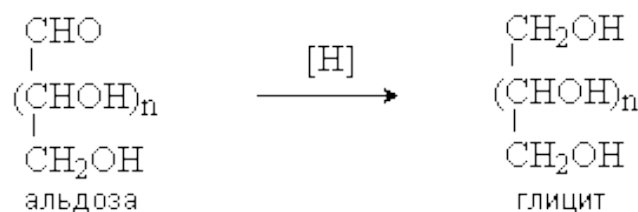


У β -аномера гликозидный гидроксил в этой конформации будет занимать аксиальное положение. Поэтому в равновесной смеси таутомеров D-глюкозы преобладает β -аномер.

β -D-глюкопираноза – единственная D-гексоза с экваториальным положением всех заместителей. Как следствие этого, D-глюкоза – наиболее распространенный в природе моносахарид. Из всего семейства D-альдогексоз в природе встречаются только эпимеры D-глюкозы – D-галактоза и D-манноза, у которых число заместителей, занимающих аксиальное положение, минимально.

Химические свойства моносахаридов определяются наличием карбонильной группы (в ациклической форме), полуацетального гидроксила (в циклических формах) и спиртовых OH-групп.

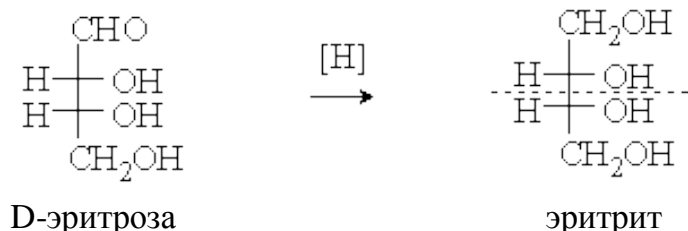
Восстановление. При восстановлении карбонильной группы альдоз образуются многоатомные спирты – глициты:



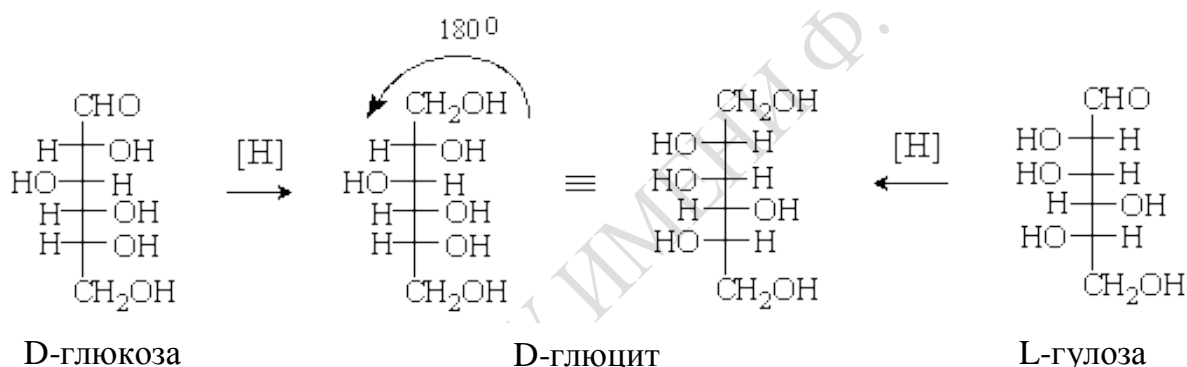
В лабораторных условиях для восстановления используют NaBH_4 . В промышленности применяют каталитическое гидрирование. Таким

образом, получают заменители сахара: из D-глюкозы – сорбит (D-глюцит), из D-ксилозы – ксилит.

Восстановление альдоз приводит к «уравниванию» функциональных групп на концах цепи. В результате из некоторых альдоз (эритрозы, рибозы, ксилозы, аллозы, галактозы) образуются оптически неактивные мезосоединения, например:

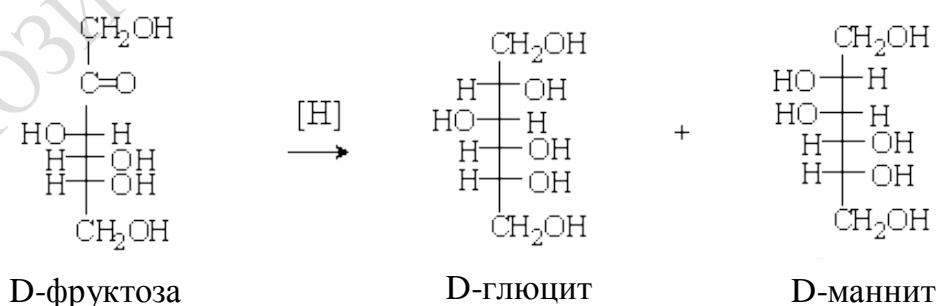


Разные альдозы при восстановлении могут дать один и тот же спирт:



Такая конфигурационная взаимосвязь между глицидами использовалась для установления стереохимической конфигурации моносахаридов.

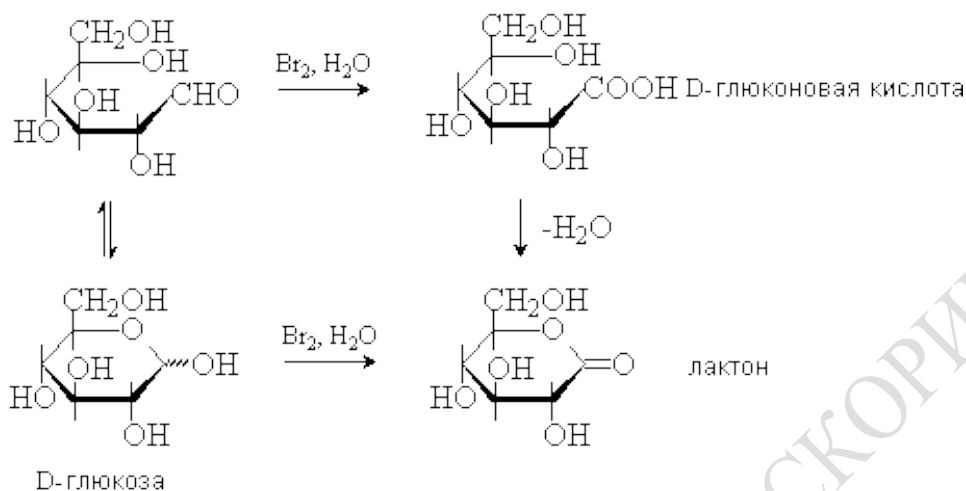
При восстановлении кетоз из карбонильной группы возникает новый хиральный центр и образуется смесь неравных количеств диастереомерных спиртов (эпимеров по C-2):



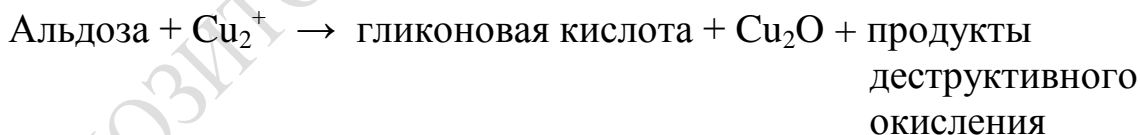
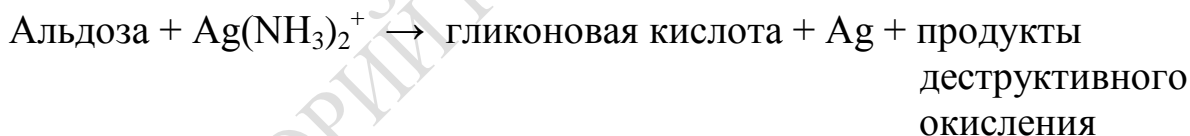
Эта реакция доказывает, что D-фруктоза, D-глюкоза и D-манноза имеют одинаковые конфигурации хиральных центров C-2, C-3, и C-4.

Окисление. Вследствие полифункциональности альдозы окисляются по-разному при действии различных окислителей. При мягком окислении альдоз, например, под действием бромной воды, затрагивается только

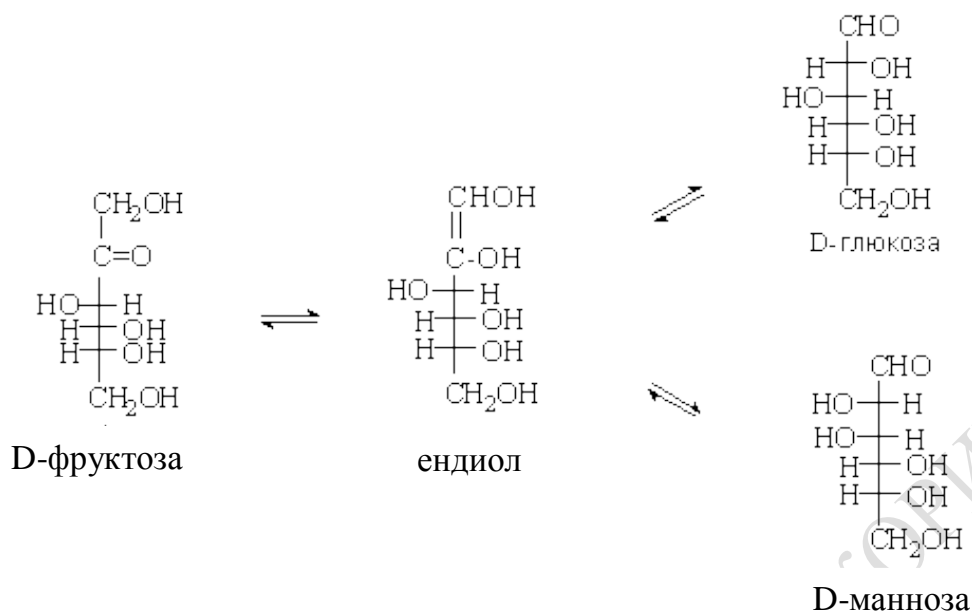
карбонильная группа и образуются гликоновые кислоты, которые очень легко переходят в пяти- и шестичленные лактоны:



Кетозы в этих условиях не окисляются и могут быть, таким образом, выделены из смесей с альдозами. Альдозы и кетозы дают реакции, характерные только для соединений, содержащих альдегидную группу: они восстанавливают в щелочной среде катионы металлов Ag^+ ($\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH}$ – реактив Толенса) и Cu^{2+} (комплекс Cu^{2+} с тартрат-ионом – реактив Фелинга). При этом **гликоновые кислоты** образуются в незначительном количестве, так как в щелочной среде протекает деградация углеродного скелета моносахаридов по схеме:

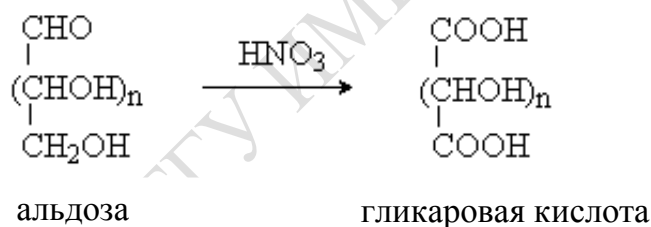


Сахара, способные восстанавливать реактивы Толенса и Фелинга, называют восстанавливающими. Кетозы проявляют восстанавливающие свойства за счет изомеризации в щелочной среде в альдозы, которые и взаимодействуют далее с окислителем. Процесс превращения кетозы в альдозу происходит в результате енолизации. Образующийся из кетозы енол является общим для нее и 2 альдоз (эпимеров по С-2). Так, в слабощелочном растворе в равновесии с D-фруктозой находятся ендиол, D-глюкоза и D-манноза:



Взаимопревращения в щелочном растворе между альдозами, эпимерами по С-2, называют **эпимеризацией**.

При действии разбавленной азотной кислоты окисляются оба конца углеродного скелета альдоз и образуются **гликаровые кислоты**:

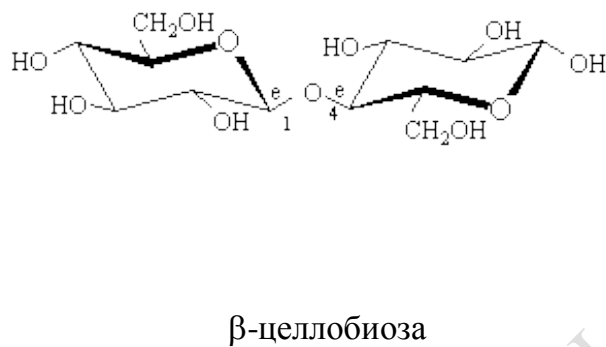
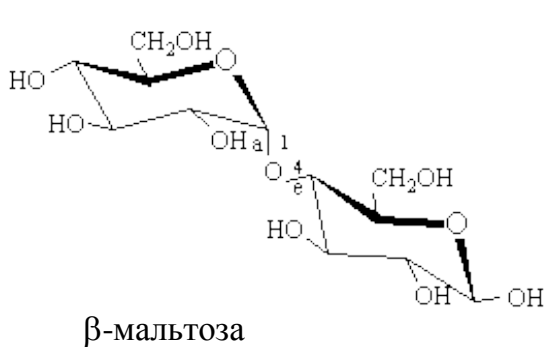


В природе широко распространены гликуроновые кислоты:

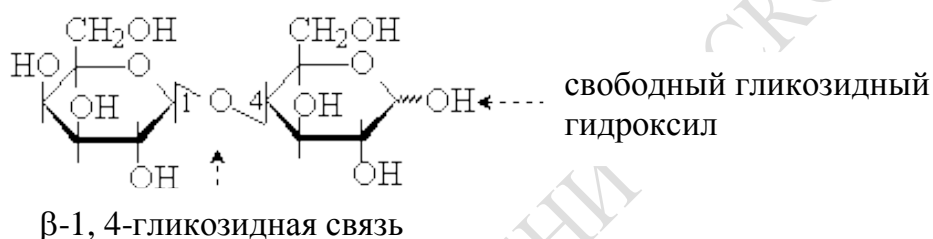


В лабораторных условиях они могут быть получены только многостадийным синтезом, так как окисление спиртовой группы в присутствии альдегидной требует предварительной защиты последней. Гликуроновые кислоты входят в состав полисахаридов (пектиновые вещества, гепарин). Важная биологическая роль D-гликуроновой кислоты состоит в том, что многие токсичные вещества выводятся из организма с мочой в виде растворимых **гликуронидов**.

Расщепление гликозидной связи важно с биологической точки зрения, поскольку многие природные соединения являются гликозидами.

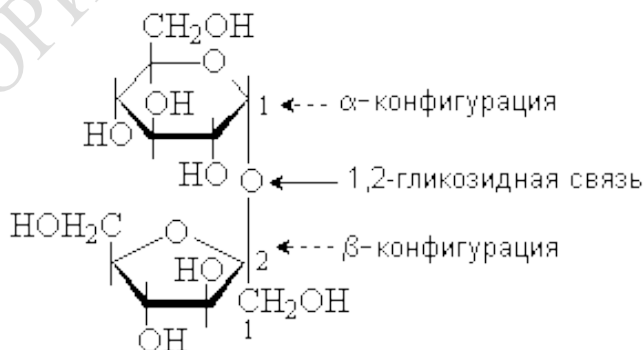


Лактоза содержится в молоке (4–5 %). Лактоза – восстанавливающий дисахарид, её молекула состоит из остатков D-галактозы и D-глюкозы, связанных β-1,4-гликозидной связью:



β-D-галакопиранозил-1, 4-α (или β)-D-глюкопираноза (α (или β)-лактоза)

Сахароза – невосстанавливающий дисахарид. Сахароза содержится в сахарном тростнике, сахарной свекле, соках растений и плодах. Она состоит из остатков D-глюкозы и D-фруктозы, которые связаны за счет гликозидных гидроксильных групп. В составе сахарозы D-глюкоза находится в пиранозной, а D-фруктоза – в фуранозной форме:



α-D-глюкопиранозил-1, 2-β-D-фруктофуранозид
сахароза

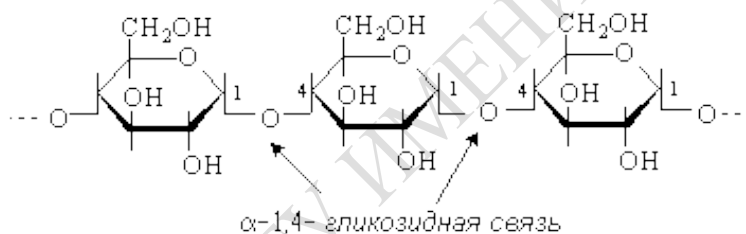
Дисахариды вступают в большинство реакций, характерных для моносахаридов: образуют простые и сложные эфиры, гликозиды, производные по карбонильной группе. Восстанавливающие дисахариды окисляются до гликобионовых кислот. Гликозидная связь в дисахаридах

расщепляется под действием водных растворов кислот и ферментов. В разбавленных растворах щелочей дисахариды устойчивы. Ферменты действуют селективно, расщепляя только α - или только β -гликозидную связь.

Полисахариды – полимеры, построенные из моносахаридных остатков, связанных гликозидными связями. Полисахариды могут иметь линейное или разветвленное строение. Полисахариды, состоящие из одинаковых моносахаридных остатков, называют гомополисахаридами, из остатков разных моносахаридов – гетерополисахаридами.

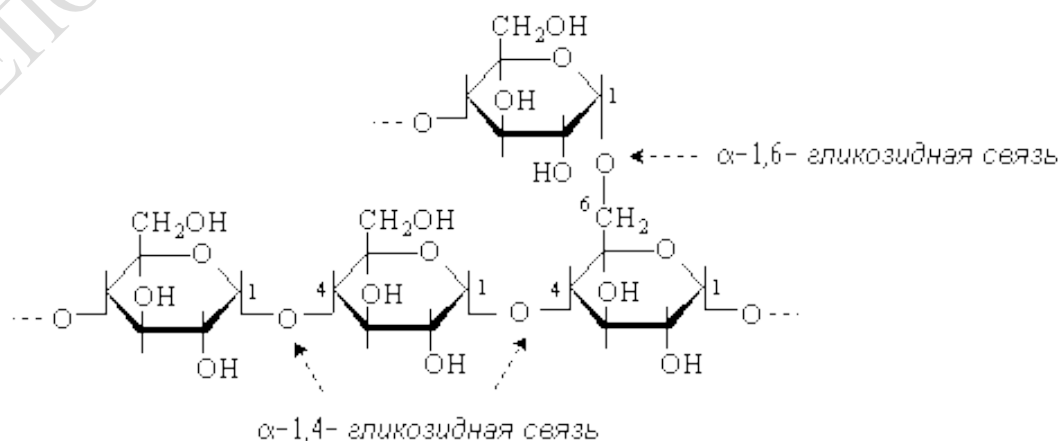
Крахмал – полисахарид растительного происхождения. Его основная биологическая функция – запасное вещество растений. Крахмал представляет собой смесь двух полисахаридов – амилозы (10–20 %) и амилопектина (80–90 %)

Амилоза – линейный гомополисахарид, состоящий из остатков D-глюкопиранозы, связанных α -1,4-гликозидными связями. Структурным элементом амилозы является дисахарид мальтоза.

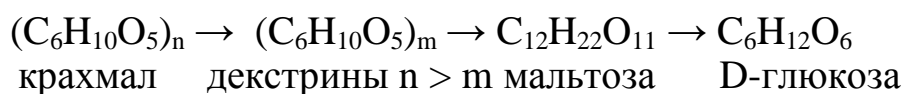


Цепь амилозы включает от 200 до 1000 моносахаридных единиц. Вследствие аксиального положения гликозидной связи макромолекула амилозы свернута в спираль.

Амилопектин – разветвленный гомополисахарид, построенный из остатков D-глюкопиранозы, которые связаны в основной цепи α -1,4-гликозидными, а в местах разветвлений – α -1,6-гликозидными связями. Разветвления расположены через каждые 20–25 моносахаридных остатков:

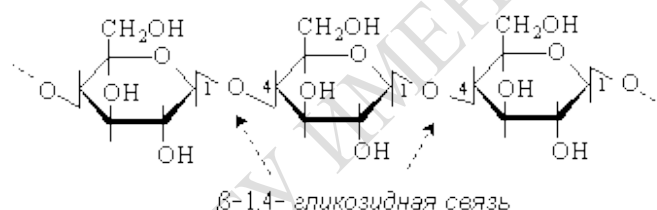


Крахмал набухает и растворяется в воде, образуя вязкие растворы (гели). Химические свойства крахмала аналогичны свойствам моно- и дисахаридов. Крахмал гидролизуется под действием кислот (но не щелочей) и фермента амилазы. Конечным продуктом гидролиза крахмала является D-глюкоза:



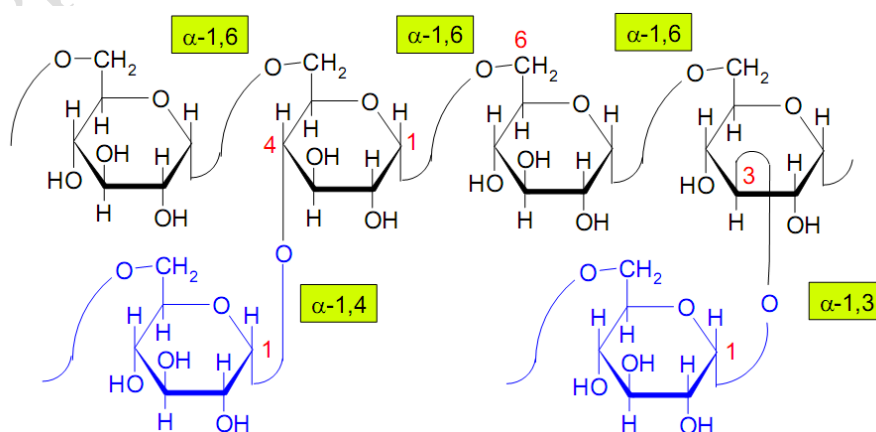
За счет спиралеобразной конформации амилоза способна образовывать соединения включения с молекулярным йодом. Комплексы крахмала с йодом имеют интенсивную синюю окраску. Реакция используется как качественная на йод и крахмал.

Целлюлоза – самый распространенный растительный полисахарид. Выполняет функцию опорного материала растений. Это линейный гомополисахарид, построенный из остатков D-глюкопиранозы, связанных β -1,4-гликозидными связями. Структурным элементом целлюлозы является целлобиоза:



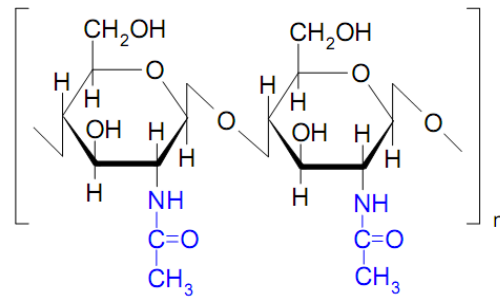
Среди других **гомополисахаридов** стоит отметить следующие:

1) Декстраны – полисахариды бактериального происхождения, построенные из остатков α -D-глюкопиранозы. Молекулы декстранов сильно разветвлены. Основным типом связи является α -1,6-, а в местах разветвлений α -1,4-, α -1,3-, реже α -1,2-гликозидные связи. Декстраны используют как заменители плазмы крови:

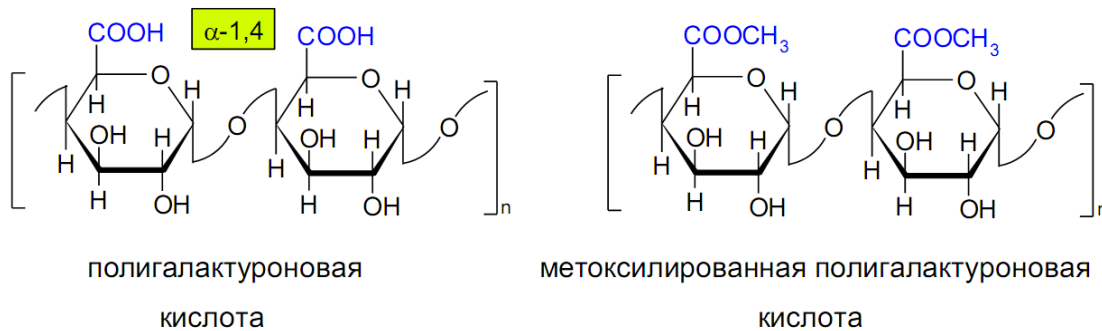


2) Хитин – основной полисахарид роговых оболочек насекомых и ракообразных, встречается в грибах. Хитин – неразветвленный полисахарид,

построенный их остатков N-ацетил-D-глюкозамина, связанных β -1,4-гликозидными связями:

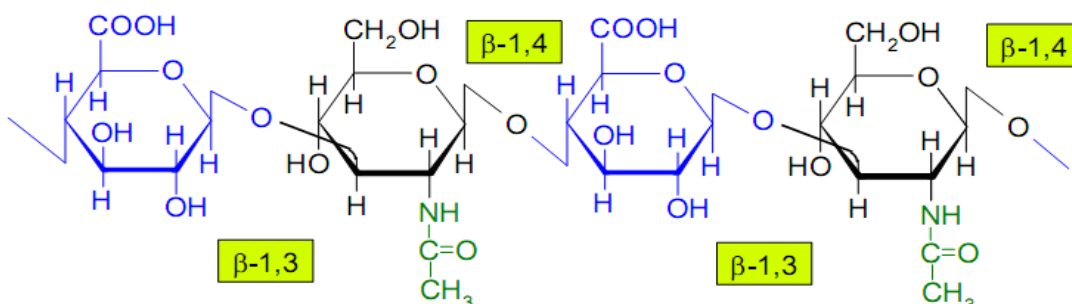


3) Пектиновые вещества содержатся в ягодах, фруктах и овощах, способствуют желеобразованию. Основным компонентом пектиновых веществ – пектовая кислота – линейный полисахарид, построенный из остатков D-галактуроновой кислоты, связанных α -1,4-гликозидными связями:



Гетерополисахариды имеют в основном животное или бактериальное происхождение. Важное значение имеют гетерополисахариды, входящие в состав соединительной ткани. Полисахариды соединительной ткани находятся в виде углевод-белковых комплексов – протеогликанов. Наиболее важные из них: хондроитинсульфаты (кожа, хрящи, сухожилия), гиалуроновая кислота (хрящи, стекловидное тело глаза, суставная жидкость), гепарин (печень, кровеносные сосуды).

Гиалуроновая кислота состоит из дисахаридных фрагментов, включающих D-глюкуроновую кислоту и N-ацетил-D-глюкозамин, которые связаны внутри биозного фрагмента β -1,3-гликозидной связью, между биозными фрагментами - β -1,4-гликозидной связью:



В целом, для гетерополисахаридов характерны общие черты в строении. Они имеют неразветвленную структуру и содержат биозные фрагменты, включающие гликуроновые кислоты и ацетилированные аминоксахара.

Тема 3. Аминокислоты и белки

Аминокислотами называются соединения, в молекулах которых содержатся одновременно аминные и карбоксильные группы. В зависимости от положения аминогруппы по отношению к карбоксильной группе различают α -, β -, γ -аминокислоты.

В природе существует около 300 аминокислот, однако в структуре белков обнаружено только 20 из них, получивших название протеиногенных аминокислот (таблица 3). Это α , L-аминокислоты, их общую формулу можно выразить:

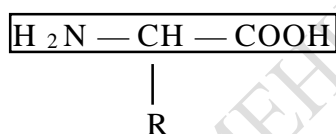
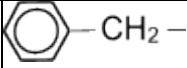
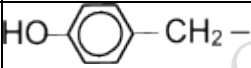
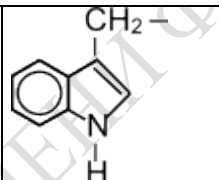
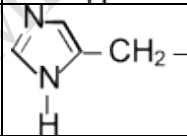
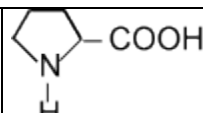


Таблица 3 – Важнейшие α -аминокислоты

Аминокислота	Сокращенное (трехбуквенное) название аминокислотного остатка в макромолекулах пептидов и белков	Строение R
1	2	3
Алифатические		
Глицин	Gly	H–
Аланин	Ala	CH ₃ –
Валин*	Val	(CH ₃) ₂ CH–
Лейцин*	Leu	(CH ₃) ₂ CH–CH ₂ –
Изолейцин*	Ile	CH ₃ –CH ₂ –CH–
Содержащие OH– группу		
Серин	Ser	HO–CH ₂ –
Треонин*	Thr	CH ₃ –CH(OH)–
Содержащие COOH– группу		
Аспарагиновая	Asp	HOOC–CH ₂ –
Глутаминовая	Glu	HOOC–CH ₂ –CH ₂ –
Содержащие NH₂CO– группу		
Аспарагиновая	Asn	NH ₂ CO–CH ₂ –
Глутаминовая	Gln	NH ₂ CO–CH ₂ –CH ₂ –

Окончание таблицы 3

1	2	3
		Содержащие NH₂- группу
Лизин*	Lys	NH ₂ -(CH ₂) ₃ -CH ₂ -
Аргинин	Arg	NH ₂ -C-NH-(CH ₂) ₂ -CH ₂ -
		Серусодержащие
Цистеин	Cys	HS-CH ₂ -
Метионин*	Met	CH ₃ -S-CH ₂ -CH ₂ -
		Ароматические
Фенилаланин*	Phe	
Тирозин	Tyr	
		Гетероциклические
Триптофан*	Trp	
Гистидин	His	
		Иминокислота
Пролин	Pro	

*Незаменимые аминокислоты

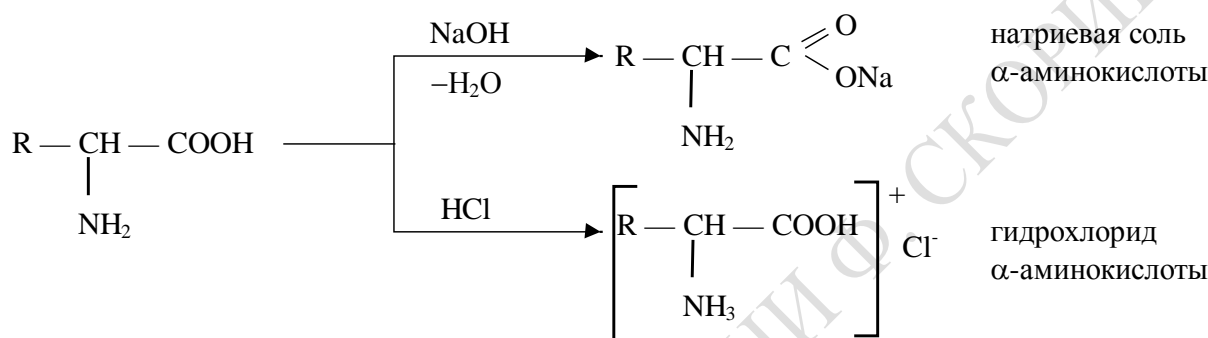
Аминокислоты называют по принципам международной номенклатуры гетерофункциональных соединений, активно используют тривиальные названия, принятые ИЮПАК. При написании первичной структуры пептидов и белков применяют трехбуквенные обозначения (обычно первые 3 буквы тривиального названия). Все биогенные аминокислоты, кроме глицина, имеют в структуре асимметрический атом углерода (это обычно α-углеродный атом) и существуют в виде энантиомеров, относящихся к D- и L-стереохимическим рядам. В белках животных организмов представлены L-аминокислоты, в белках микроорганизмов и пептидах могут встречаться и D-аминокислоты. D-аминокислоты организмом человека не усваиваются. Согласно R,S-номенклатуре, большинство природных L-аминокислот имеет S-конфигурацию.

В зависимости от признака, положенного в основу деления на группы, имеется несколько классификаций биогенных аминокислот:

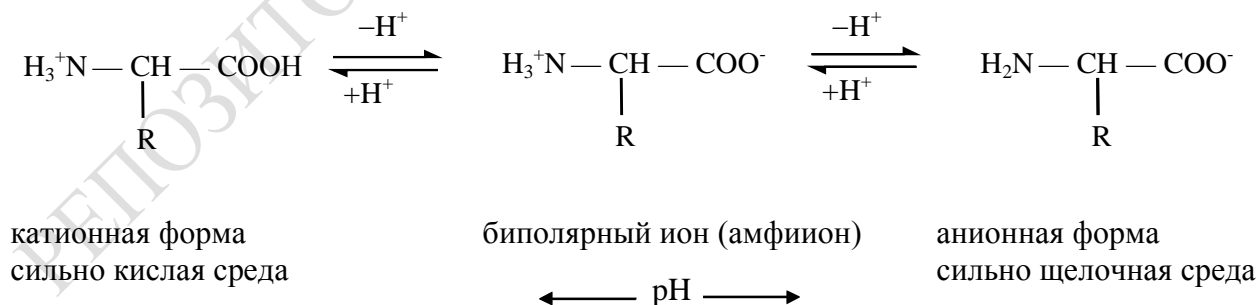
а) по кислотно-основным группам, наличие других функциональных групп и радикалов (нейтральные, кислые, основные, оксиаминокислоты, серосодержащие, ароматические, гетероциклические, иминокислоты);

б) по природе радикала, его полярности и способности к ионизации (аминокислоты с гидрофобным радикалом и аминокислоты с гидрофильным радикалом).

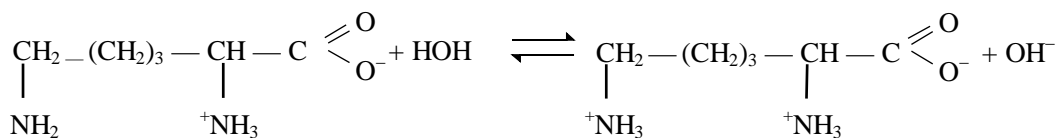
Аминокислоты являются **амфотерными соединениями**, так как содержат кислотный (COOH) и основной (NH₂) центры. Поэтому α-аминокислоты образуют соли как со щелочами, так и с кислотами:



В твердом состоянии и в водной нейтральной среде α-аминокислоты существуют в виде **биполярных ионов** (цвиттер-ионов). На диссоциацию аминокислот оказывает влияние pH среды. В очень кислых растворах – NH₂ протонирована полностью, а –COOH группа практически неионизирована. В сильно щелочных растворах 2 наоборот. При значениях pH от 4 до 9 каждая из диссоциирующих групп находится в равновесии со своей неионизированной формой, а обе группы вместе находятся в равновесии с биполярным ионом:

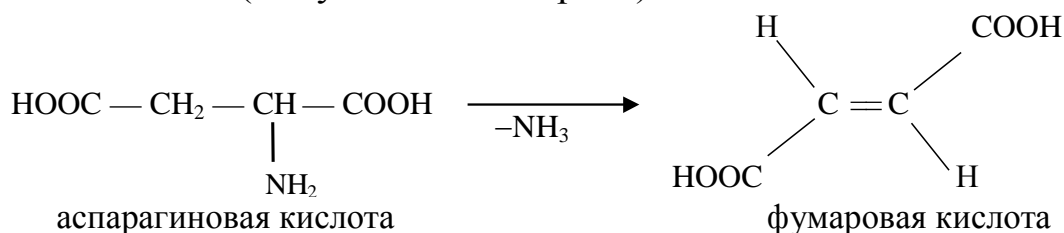


Основные аминокислоты в водном растворе дают щелочную реакцию и несут положительный заряд:

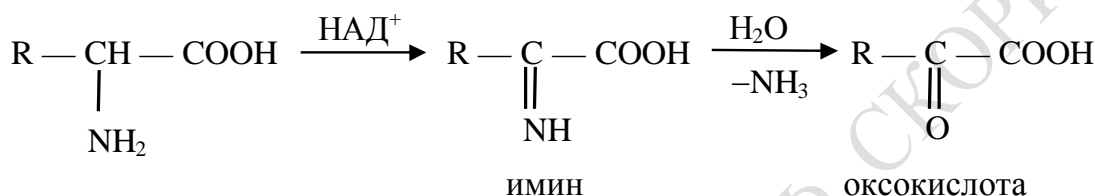


Биологически важные реакции α-аминокислот:

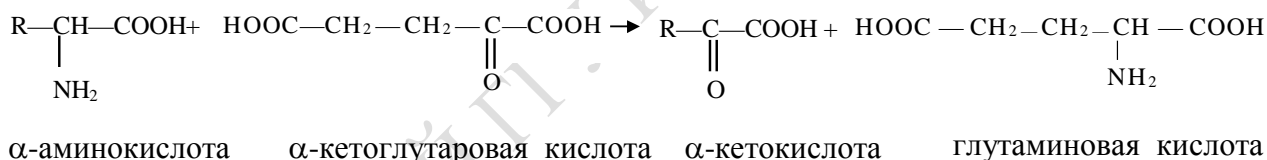
1) Дезаминирование (удаление $-\text{NH}_2$ группы), которое может быть неокислительным (без участия кислорода):



и окислительным (с участием ферментов дегидрогеназ и кофермента НАД⁺ или НАДФ⁺):

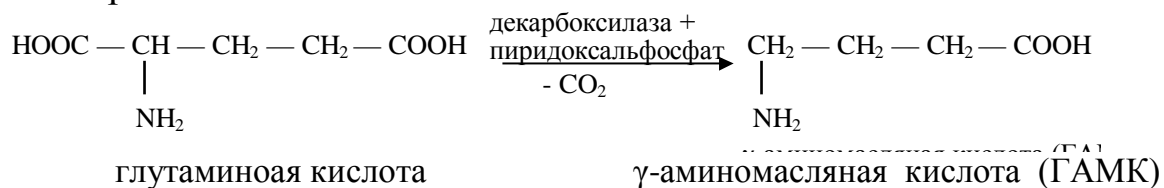


2) Трансаминирование (переаминирование). Это основной путь биосинтеза α-аминокислот из α-оксокислот. Донором аминогруппы служит α-аминокислота, имеющаяся в клетках в достаточном количестве или избытке, а ее акцептором – α-оксокислота.

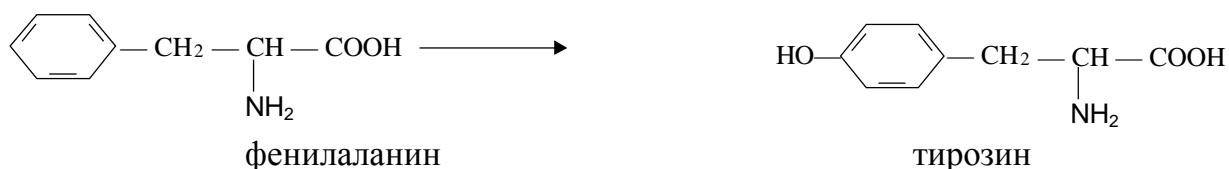


Реакция протекает в присутствии фермента трансаминазы и кофермента пиридоксальфосфата.

3) Декарбоксилирование. Процесс декарбоксилирования α-аминокислот ведет к образованию биогенных аминов. Биогенные амины в организме выполняют важные биологические функции. Например, γ-аминомасляная кислота принимает участие в обменных процессах, происходящих в головном мозге, является нейромедиатором. В медицинской практике под названием гаммалон, или аминалон, применяется при лечении нервно-психических заболеваний.

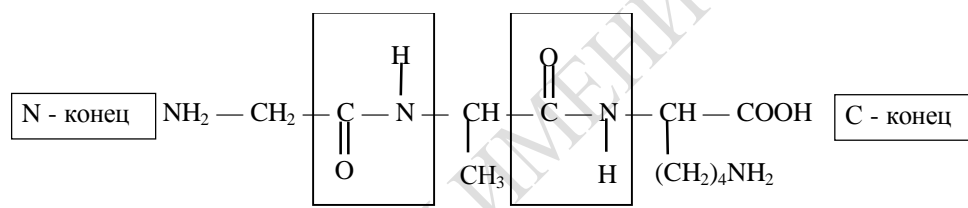


4) В организме осуществляется ферментативное гидроксирование некоторых аминокислот, например, гидроксирование фенилаланина:



При генетически обусловленном отсутствии в организме фермента, катализирующего этот процесс, развивается тяжелое заболевание – фенилкетонурия.

Пептиды (белки) – природные или синтетические вещества, построенные из остатков α -аминокислот, соединенных амидными (пептидными) связями. Названия пептидов строятся путем последовательного перечисления аминокислотных остатков, начиная с N-конца, с добавлением суффикса –ил, кроме последней C-концевой аминокислоты, для которой сохраняется ее полное название:



Трипептид глицилаланиллизин

В отличие от белков пептиды имеют более разнородный аминокислотный состав, в частности, довольно часто включают аминокислоты D-ряда.

Строение белков можно описать следующим образом:

- *первичная структура белка* – конкретная последовательность аминокислот в полипептидной цепи;
- *вторичная структура белка* – конформация или способ скручивания цепи в пространстве за счёт водородных связей; существуют два основных способа укладки: α -спираль имеет вид спирали, все радикалы аминокислот располагаются снаружи спирали и β -конформация или складчатый слой, когда участки полипептидной цепи располагаются параллельно друг другу и удерживаются в таком положении водородными связями;
- *третичная структура* образуется за счёт дисульфидных мостиков между цистеиновыми остатками, находящимися в разных местах полипептидной цепи, а также за счёт ионного и гидрофобного взаимодействия;

– *четвертичная структура* характерна для белков, в состав которых входят несколько полипептидных цепей и небелковая часть или простетическая группа.

Физические свойства белков весьма разнообразны и определяются их строением. По физическим свойствам белки подразделяются на глобулярные, которые растворяются в воде и образуют коллоидные растворы, и фибриллярные, которые в воде не растворяются.

Разрушение нативной (естественной) структуры белка называют *денатурацией*. Денатурация может происходить под действием различных факторов, она бывает необратимой, когда нарушается первичная структура, и обратимой, когда возможно восстановление структуры белка.

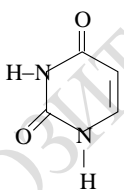
Тема 4. Нуклеиновые кислоты

Нуклеиновые кислоты встречаются в организме не в свободном виде, а в составе нуклеопротеинов. Молекулы нуклеиновых кислот заряжены отрицательно. Белковые компоненты нуклеопротеинов – положительно, потому что в них много аргинина и лизина. Связи между нуклеиновыми кислотами и белками – ионные.

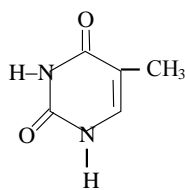
Нуклеиновые кислоты – гетерополимеры, их мономерами являются моонуклеотиды. Моонуклеотид состоит из азотистого основания+рибоза у РНК (или дезоксирибоза у ДНК) – вместе они составляют нуклеозид, и остатка фосфорной кислоты.

Нуклеиновые основания:

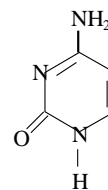
Пиримидиновые основания



урацил (У)
2,4-диоксопиримидин

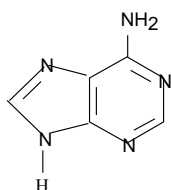


тимин (Т)
5-метилурацил

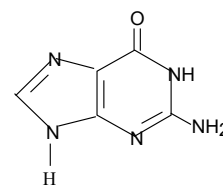


цитозин (Ц)
4-амино-2-оксо-пиримидин

Пуриновые основания



аденин (А)
6-аминопурин

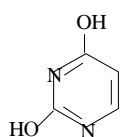


гуанин (Г)
2-амино-6-оксопурин

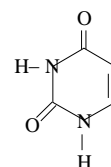
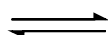
Пиримидиновые и пуриновые основания проявляют ароматический характер: имеют плоскостную структуру, так как входящие в их состав атомы С и N находятся в sp^2 -гибридизации, замкнутую сопряженную систему, охватывающую все атомы цикла и содержащую $(4n+2)$ π -электронов. Ароматичность гетероциклов лежит в основе их относительно высокой термодинамической стабильности.

Нуклеиновые основания растворимы в воде, их растворы имеют слабощелочную реакцию среды (рН 8-9).

Известно, что гидрокси- и аминопроизводные гетероциклического ряда способны к лактим-лактаминной и амино-аминной таутомерии. Таутомерные формы образуются в результате перехода протона (H^+) от кислотного центра (ОН- или NH_2 группа) к основному центру ($:N$). При физиологических условиях нуклеиновые основания существуют только в лактаминной и аминной формах. В лактаминных формах гетероциклы сохраняют ароматичность и имеют плоскостное строение:



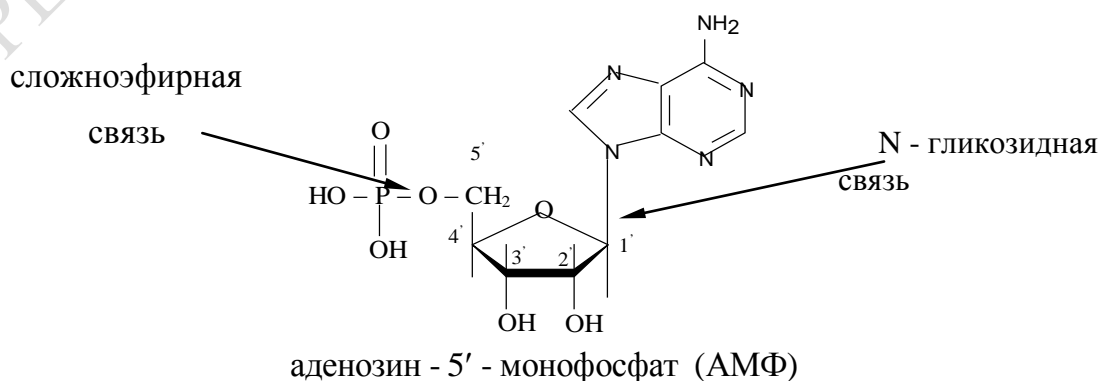
лактимная форма урацила



лактаминная форма урацила

Нуклеозиды представляют собой N-гликозиды, образованные гетероциклическими азотистыми основаниями и полуацетальным гидроксильным рибозы или дезоксирибозы. D-рибоза и 2-дезокси-D-рибоза в состав природных нуклеозидов входят в фуранозной форме (атомы углерода в них нумеруют цифрой со штрихом). Гликозидная связь осуществляется между аномерным атомом углерода C_1 рибозы или дезоксирибозы и атомом азота N_1 пиримидинового и N_9 пуринового оснований. Природные нуклеозиды всегда являются β -N-гликозидами.

Нуклеотиды – это фосфорные эфиры нуклеозидов, являющиеся структурными единицами нуклеиновых кислот. Они образуются по реакции фосфорилирования, протекающей по типу реакций нуклеофильного замещения, приводящей к формированию сложно-эфирной связи.



Остатки рибозы могут фосфорилироваться по трем положениям: C_2' , C_3' и C_5' , а дезоксирибозы – по двум: C_3' и C_5' :

За счет фосфатного остатка нуклеотиды проявляют свойства двухосновной кислоты и при физиологических значениях рН (7,34) полностью ионизированы. Для нуклеотидов используют два вида названий. Одно включает наименование нуклеозида с указанием положения в нем фосфатного остатка (например, аденозин-5'-фосфат), другое строится с добавлением суффикса –**иловая кислота** к названию остатка пиримидинового основания (например 5'-уридиловая кислота) или пуринового основания (например 5'-адениловая кислота).

Нуклеотиды входят в состав нуклеиновых кислот; но, кроме того, они встречаются в клетке также в свободном состоянии, выполняя энергетические и регуляторные функции. К наиболее важным из них относятся циклические нуклеотиды, аденозинтрифосфат и гуанозинтрифосфат.

Первичная структура нуклеиновых кислот. Нуклеиновые кислоты представляют собой макромолекулы, построенные из нуклеотидов, соединенных в линейную последовательность фосфодиэфирными связями. Рибонуклеотиды образуют РНК, дезоксирибонуклеотиды – ДНК.

Мононуклеотиды в структуре нуклеиновых кислот связываются друг с другом через остатки фосфорной кислоты, которые образуют две сложноэфирные (фосфодиэфирные) связи: с $C-3'$ предыдущего нуклеотидного звена и с $C-5'$ последующего нуклеотидного звена. Полимерная цепь нуклеиновых кислот состоит из чередующихся пентозных и фосфатных остатков, а гетероциклические основания являются «боковыми» группами, присоединенными к пентозным остаткам. Концы линейной (неразветвленной) полинуклеотидной цепи обозначают: 5'-конец (слева) и 3'-конец (справа). Написание цепи обычно начинают с 5'-конца. В этом случае общее направление образования фосфодиэфирных связей в цепи обозначается $5' \rightarrow 3'$. На 5'-конце находится фосфатная группа, и такой конец цепи сокращенно обозначают буквой «Р». На другом конце цепи в пентозном остатке сохраняется свободной гидроксильная группа у $C-3'$, и поэтому этот конец цепи обозначают как ОН-конец. На рисунке 2 приведено строение участка цепи ДНК, включающего четыре нуклеотида.

Принцип построения цепи РНК такой же, как и у ДНК, с двумя исключениями: пентозным остатком в РНК является D-рибоза, и в наборе гетероциклических оснований используется не тимин, а урацил. Таким образом, первичная структура нуклеиновых кислот – это линейная последовательность нуклеотидных звеньев, связанных ковалентными фосфодиэфирными связями в непрерывную цепь полинуклеотида.

Вторичная структура ДНК – это пространственная организация полинуклеотидных цепей в ее молекуле. Согласно модели Дж. Уотсона и Ф. Крика, молекула ДНК состоит из двух полинуклеотидных цепей, правозакрученных вокруг общей оси с образованием двойной спирали, имеющей диаметр 1,8–2,0 нм. Эти две полинуклеотидные цепи антипараллельны друг другу, т. е. направления образования фосфодиэфирных связей в них противоположны: в одной цепи 5'–3', в другой 3'–5'.

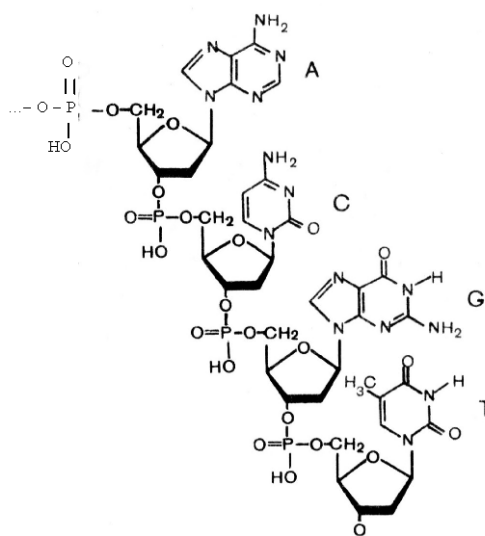
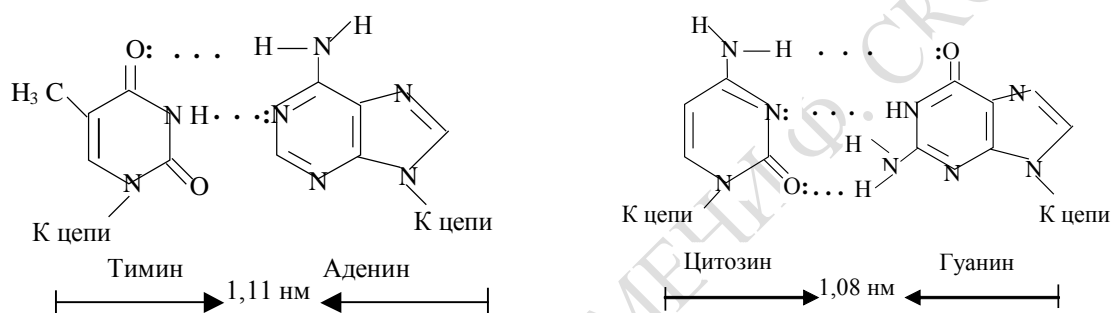


Рисунок 2 – Строение участка цепи ДНК

В формировании и стабилизации этой жесткой спиралевидной вторичной структуры основную роль играют вертикальные взаимодействия между соседними основаниями, располагающимися друг над другом в виде стопок. Этот тип связи получил название стэкинг-взаимодействия. Решающим в формировании этого взаимодействия являются особенности строения азотистых оснований нуклеотидов. Благодаря плоскостной жесткой структуре полярные заместители одного основания (-NH₂, -N-, =O) нависают над ароматическим кольцом соседнего основания. Диполь, образовавшийся в одной группе атомов, приводит к поляризации π-электронной системы соседних атомов или молекул, индуцируя тем самым образование параллельно ориентированных диполей, которые притягиваются друг к другу. Поскольку основания обладают и собственным дипольным моментом, два типа электронных эффектов – лондоновские дисперсионные силы (обусловленные индуцированными диполями) и взаимодействие между постоянными диполями дают весьма заметный эффект. В олиго- и полинуклеотидах стэкинг-взаимодействие между соседними основаниями приводит к формированию стабильной одноцепочечной правой спиральной структуры.

Водородные связи между комплементарными основаниями – это один из видов взаимодействия, стабилизирующих двойную спираль. Данный вид взаимодействия называют «поперечным» в отличие от «вертикального» (стэкинг-взаимодействия). Две цепи ДНК, образующие двойную спираль, не идентичны, но комплементарны друг другу. Это означает, что первичная структура, т. е. нуклеотидная последовательность, одной цепи предопределяет первичную структуру второй цепи.

Пуриновые и пиримидиновые основания нуклеотидных звеньев направлены внутрь двойной спирали. Между пуриновым основанием со стороны одной цепи и пиримидиновым основанием со стороны другой цепи образуются водородные связи. Эти основания, связанные водородными связями, составляют комплементарные пары:



Водородные связи возникают между аминогруппой (кислотный центр) одного основания и кетогруппой (основной центр) другого $\text{NH} \dots \text{O} = \text{C}$. Например, адениновому основанию в одной цепи будет соответствовать тиминовое в другой цепи. Таким образом, А и Т, а также Г и Ц являются парами комплементарных оснований. В основе комплементарности лежит принцип максимума водородных связей и, соответственно, прочность взаимодействия. Между Г и Ц образуются три водородные связи ($\text{G} \equiv \text{C}$), а между А и Т – две ($\text{A} = \text{T}$). По этой причине пара ГЦ связана несколько прочнее и более компактна: ее геометрический размер 1,08 нм, сравнительно с 1,11 нм у пары АТ.

Комплементарность цепей составляет химическую основу важнейшей функции ДНК – хранения и передачи наследственных признаков. При делении клеток двойная спираль ДНК раскручивается и разделяется на две части. На каждой отдельной цепи, как на матрице, происходит биосинтез новой цепи ДНК с учетом принципа комплементарности (рисунок 3). Вновь образовавшаяся цепь не идентична, но комплементарна исходной матрице. В результате воссоздаются две новые двойные спирали ДНК. Такой процесс называется репликацией, и он лежит в основе обеспечения дочерних клеток молекулами ДНК, идентичных с ДНК родительских клеток.

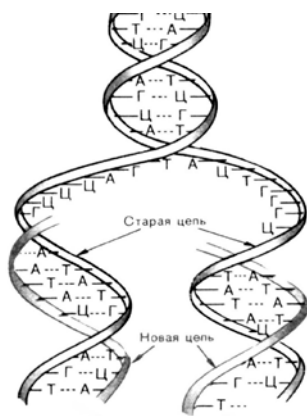


Рисунок 3 – Репликация ДНК

Аналогичным образом на деспирализованном участке цепи ДНК в ядре происходит синтез молекулы матричной (информационной), РНК (и-РНК), которая затем сама служит матрицей для биосинтеза белка в цитоплазме. Возникающая цепь и-РНК комплементарна той цепи ДНК, на которой она синтезируется. При этом адениновому основанию в ДНК будет соответствовать урациловое основание в РНК, а в качестве углеводного остатка в цепи РНК будет использоваться рибоза. Синтез и-РНК является по существу переписыванием, транскрипцией генетической информации с ДНК на и-РНК. Генетическая информация, т. е. информация о синтезе определенных белков, закодирована в нуклеотидной последовательности ДНК. Одну аминокислоту кодирует трехнуклеотидная последовательность, поэтому код называют триплетным. Три нуклеотида, контролирующее включение данной аминокислоты в определенный белок в процессе его биосинтеза, называются кодоном.

Тестовые задания для самоконтроля

Закончите утверждения, выбрав правильный ответ.

Липиды

1. Мононенасыщенной жирной кислотой является:
 - 1) линолевая;
 - 2) стеариновая;
 - 3) олеиновая;
 - 4) линоленовая.

2. Ацилглицеролы относятся к группе:
 - 1) глицерофосфолипидов;

- 2) нейтральных липидов;
 - 3) восков;
 - 4) гликолипидов.
3. Омылением жиров называется:
- 1) ферментативный гидролиз;
 - 2) гидрогенизация;
 - 3) щелочной гидролиз;
 - 4) эмульгирование жиров.
4. Стероиды являются производными:
- 1) фенантрена;
 - 2) циклопентана;
 - 3) циклопентанпергидрофенатрена;
 - 4) протопорфирина.
5. Химическая структура воска:
- 1) ацилглицеролы;
 - 2) эфиры высших жирных кислот и монооксиспиртов с длинной цепью;
 - 3) стероиды;
 - 4) фосфоглицериды.
6. Сложные липиды наряду с остатками многоатомных спиртов и высших жирных кислот содержат:
- 1) полиизопреноиды;
 - 2) пептиды;
 - 3) азотсодержащие соединения, фосфорную кислоту;
 - 4) полициклические спирты.
7. Сфингофосфолипиды и гликолипиды содержат общий компонент:
- 1) глицерол;
 - 2) фосфорную кислоту;
 - 3) сфингозин;
 - 4) углевод.
8. Олигосахариды и аминасахара входят в состав:
- 1) цереброзидов;
 - 2) кардиолипинов;
 - 3) стероидов;
 - 4) ганглиозидов.

9. Основными компонентами липидов являются:

- 1) альдегиды и аминокислоты;
- 2) спирты и жирные кислоты;
- 3) спирты и аминокислоты;
- 4) альдегиды и жирные кислоты.

10. Глицерин в своем составе содержат:

- 1) воска;
- 2) стериды;
- 3) триглицериды;
- 4) гликопротеиды.

Углеводы

1. Углеводы **не входят** в состав:

- 1) гликопротеинов;
- 2) фосфолипидов;
- 3) гликолипопротеинов;
- 4) нуклеопротеинов.

2. α - и β -аномеры углеводов различаются конфигурацией при:

- 1) последнем хиральном атоме углерода;
- 2) полуацетальном атоме углерода;
- 3) втором атоме углерода, считая от альдегидной или кетогруппы;
- 4) не имеют отличий.

3. При гидролизе сахарозы образуются:

- 1) два остатка D-глюкозы;
- 2) α -D-глюкоза и β -D-галактоза;
- 3) D-глюкоза и D-манноза;
- 4) D-глюкоза и D-фруктоза.

4. К гомополисахаридам относятся:

- 1) гликоген, гепарин, крахмал;
- 2) гиалуроновая кислота, гликоген, гепарин;
- 3) хондроитин сульфат, гликоген, хитин;
- 4) крахмал, гликоген, хитин.

5. При полном гидролизе целлюлозы образуется:

- 1) β -D-глюкоза;

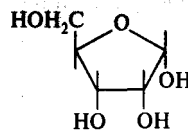
- 2) α -D-глюкоза;
- 3) α -D-фруктоза;
- 4) α -D-фруктозо-6-фосфат.

6. К линейным полисахаридам относится:

- 1) гликоген;
- 2) амилоза;
- 3) амилопектин;
- 4) декстраны.

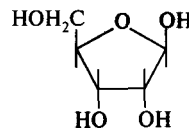
7. Назовите углевод:

- 1) α -D-рибофураноза;
- 2) β -D-рибофураноза;
- 3) α -D-фруктофураноза;
- 4) β -D-галактопираноза.



8. Назовите углевод:

- 1) β -D-дезоксирибофураноза;
- 2) β -D-рибофураноза;
- 3) α -D-фруктофураноза;
- 4) β -D-галактопираноза.



9. При кислотном гидролизе лактозы образуются:

- 1) два остатка α -D-глюкозы;
- 2) α -D-глюкоза и β -D-галактозы;
- 3) α -D-глюкоза и α -D-манноза;
- 4) α -D-глюкоза и α -D-фруктоза.

10. Укажите, какие дисахариды содержат в своем составе β -D-глюкозу:

- 1) целлобиоза;
- 2) сахароза;
- 3) лактоза;
- 4) трегаллоза.

Белки

1. Аминокислоты, входящие в состав белков, являются:

- 1) α -L-аминопроизводными карбоновых кислот;
- 2) β -L-аминопроизводными карбоновых кислот;

- 3) α -D-аминопроизводными ненасыщенных карбоновых кислот;
 - 4) α -D-аминопроизводными карбоновых кислот.
2. Биполярный ион моноаминомонокарбоновой аминокислоты заряжен:
- 1) -1;
 - 2) 0;
 - 3) +1;
 - 4) -2.
3. Трансаминирование – процесс межмолекулярного переноса аминогруппы от:
- 1) α -аминокислоты на α -кетокислоту;
 - 2) α -аминокислоты на α -гидроксикислоту ;
 - 3) амина на α -кетокислоту;
 - 4) амина на α -гидроксикислоту.
4. Укажите, какие продукты образуются при трансаминировании между α - кетоглутаратом и аланином:
- 1) аспартат и лактат;
 - 2) глутамат и пируват;
 - 3) глутамат и лактат;
 - 4) глутамин и аспарагин.
5. Первичная структура белка **не характеризуется** тем, что:
- 1) в ее формировании участвуют слабые связи;
 - 2) закодирована генетически;
 - 3) образована ковалентными связями;
 - 4) определяет последующие уровни структурной организации белка.
6. Вторичная структура природных белков представлена:
- 1) только α -спиралью;
 - 2) только β -структурой;
 - 3) участками аморфными, α -спирали, β -структуры;
 - 4) участками α -спирали и β -структуры.
7. В формировании третичной структуры белка не участвует связь:
- 1) водородная;
 - 2) пептидная;
 - 3) дисульфидная;
 - 4) гидрофобное взаимодействие.

8. В стабилизации четвертичной структуры не участвует связь:

- 1) ионная;
- 2) дисульфидная;
- 3) водородная;
- 4) гидрофобное взаимодействие.

9. Справедливыми являются следующие утверждения:

- 1) первичная структура белков поддерживается за счет пептидных связей;
- 2) среди белков, обладающих третичной структурой, преобладают те, которые имеют фибриллярную форму;
- 3) четвертичная структура белков является наиболее прочной;
- 4) вторичная структура белков стабилизирована ковалентными связями.

10. Укажите, какое утверждение является верным:

- 1) третичная структура белков, является наиболее прочной;
- 2) вторичная структура белков поддерживается за счет ковалентной и -S-S- связей;
- 3) в состав белков входят карбоновые кислоты, содержащие аминокгруппу в L-положении;
- 4) β -складчатый слой – элемент первичной структуры белка.

Нуклеиновые кислоты

1. В состав нуклеозида входит:

- 1) азотистое основание;
- 2) азотистое основание и пентоза;
- 3) азотистое основание, пентоза и остаток фосфорной кислоты;
- 4) азотистое основание и остаток фосфорной кислоты.

2. В состав нуклеотида входит:

- 1) азотистое основание;
- 2) азотистое основание и пентоза;
- 3) азотистое основание, пентоза и остаток фосфорной кислоты;
- 4) азотистое основание и остаток фосфорной кислоты.

3. Нуклеиновые кислоты – высокомолекулярные соединения, состоящие из остатков:

- 1) нуклеотидов;

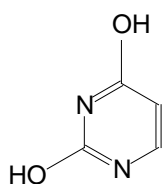
- 2) азотистых оснований;
- 3) аминокислот;
- 4) аминоспиртов.

4. В нуклеотидах азотистое основание и пентоза соединены связью:

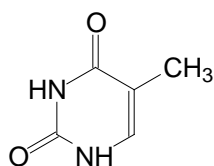
- 1) фосфоэфирной;
- 2) N-гликозидной;
- 3) O-гликозидной;
- 4) сложноэфирной.

5. Азотистому основанию цитозину соответствует следующая формула:

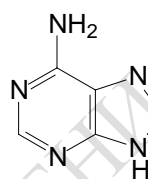
1)



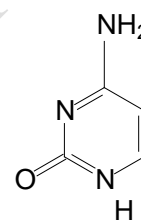
2)



3)



4)

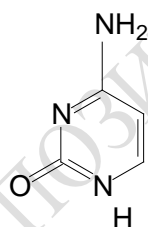


6. Укажите, какое азотистое основание относится к пуриновым:

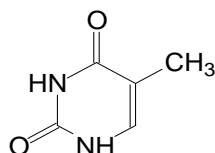
- 1) аденин;
- 2) тимин;
- 3) урацил;
- 4) цитозин.

7. Азотистому основанию тимину соответствует следующая формула:

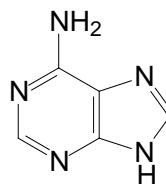
1)



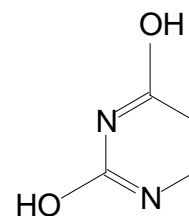
2)



3)



4)



8. В молекулах нуклеиновых кислот остатки нуклеотидов соединены связями:

- 1) фосфоангидридными;
- 2) 2',3'-фосфодиэфирными;
- 3) 3',5'-фосфодиэфирными;
- 4) N-гликозидными.

9. Вторичная структура ДНК представляет собой спираль:

- 1) двойную левозакрученную;
- 2) двойную правозакрученную;
- 3) одноцепочную левозакрученную;
- 4) одноцепочную правозакрученную.

10. Полинуклеотидные цепи в двухспиральной молекуле ДНК удерживаются:

- 1) координационными связями;
- 2) водородными связями;
- 3) ионными связями;
- 4) гидрофобными взаимодействиями.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Список использованной литературы

1. Романовский, И. В. Основы биоорганической химии: учеб. пособие: в 2 ч. / И. В. Романовский. – Минск: МГМИ, 1999. – Ч. 1. – 150 с.; Ч. 2. – 155 с.
2. Тюкавкина, Н. А. Биоорганическая химия: учебник / Н. А. Тюкавкина, Ю. И. Бауков, С. Э. Зурабян. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 416 с.
3. Руководство к лабораторным занятиям по биоорганической химии / под ред. Н. А. Тюкавкиной. – М.: Дрофа, 1999. – 459 с.
4. Попков, В. А. Общая химия: учебник для вузов / В. А. Попков. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 976 с.
5. Березин, Б. Д. Курс современной органической химии : учебное пособие для вузов / Б. Д. Березин, Д. Б. Березин. – М.: Высшая школа, 2001. – 768 с.
6. Петров, А. А. Органическая химия : учебник для вузов / А. А. Петров, Х. В. Бальян, А. Т. Трощенко. – Санкт-Петербург.: Наука, 2002. – 622 с.
7. Органическая химия : учебник для вузов: в 2 кн. / В. Л. Белобородов [и др.]; под ред. Н. А. Тюкавкиной; 2-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2003, 2008. – Кн.1: Основной курс. – 640 с.; Кн. 2: Специальный курс. – 592 с.
8. Номенклатурные правила ИЮПАК по химии : Органическая химия: в 2 т. / перевод Б. А. Руденко. – М., 1979. – Т. 1. – С. 1–508; Т. 2. – С. 511–896.

Производственно-практическое издание

Воробьева Елена Валерьевна,
Дроздова Наталья Ивановна,
Пантелеева Светлана Михайловна

БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ
ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ
И ИХ СТРУКТУРНЫЕ КОМПОНЕНТЫ

Практическое руководство

для студентов специальности 1-31 01 01-02
«Биология» (научно-педагогическая деятельность)

Редактор *В. И. Шкредова*
Корректор *В. В. Калугина*

Подписано в печать 22.10.2015. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Ризография. Усл. печ. л. 2,8.
Уч.-изд. л. 3,1. Тираж 25 экз. Заказ 548.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/87 от 18.11.2013.
Специальное разрешение (лицензия) № 02330 / 450 от 18.12.2013.
Ул. Советская, 104, 246019, Гомель.

**Е. В. ВОРОБЬЕВА, Н. И. ДРОЗДОВА,
С. М. ПАНТЕЛЕЕВА**

**БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ
ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ
И ИХ СТРУКТУРНЫЕ КОМПОНЕНТЫ**

Гомель
2015

